

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**Кафедра організації та технічного забезпечення  
аварійно-рятувальних робіт**

# **АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ**

**Методичні вказівки до виконання  
курсової роботи на тему:  
"Дослідження параметрів каналу передачі інформації  
відомчої цифрової телекомунікаційної мережі  
експлуатаційних показників обладнання автоматизованої  
системи оперативно-диспетчерського управління  
підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України"**

**Для здобувачів вищої освіти,  
які навчаються на другому (магістерському) рівні  
в галузі знань 26 «Цивільна безпека»  
за спеціальністю 261 "Пожежна безпека"  
(освітньо-професійна програма "Управління пожежною безпекою")**

**Харків 2021**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**

**Кафедра організації та технічного забезпечення  
аварійно-рятувальних робіт**

# **АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ**

**Методичні вказівки**

**до виконання курсової роботи на тему:**

**"Дослідження параметрів каналу передачі інформації  
відомчої цифрової телекомунікаційної мережі  
експлуатаційних показників обладнання автоматизованої  
системи оперативно-диспетчерського управління  
підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України"**

Для здобувачів вищої освіти,  
які навчаються на другому (магістерському) рівні  
в галузі знань 26 «Цивільна безпека»  
за спеціальністю 261 "Пожежна безпека"  
(освітньо-професійна програма "Управління пожежною безпекою")

**Харків 2021**

Рекомендовано до друку кафедрою організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт НУЦЗ України (протокол від 23.03.2021 № 8)

**Укладачі:** А. Б. Фещенко, Л. В. Борисова, О. В. Загора, В. О. Собина, Д. В. Тарадуда, М. О. Демент, І. М. Неклонський.

**Рецензенти:** кандидат технічних наук, доцент **Л. О. Нікітіна** заступник завідувача кафедри систем інформації факультету комп'ютерних та інформаційних технологій Національного технічного університету (ХПИ); доктор технічних наук, старший науковий співробітник **В. В. Тютюник**, начальник кафедри управління та організації діяльності у сфері цивільного захисту факультету цивільного захисту НУЦЗ України.

**Автоматизовані системи управління та телекомунікації:** методичні вказівки до виконання курсової роботи на тему: "Дослідження параметрів каналу передачі інформації відомчої цифрової телекомунікаційної мережі експлуатаційних показників обладнання автоматизованої системи оперативно-диспетчерського управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України" / Укладачі: А. Б. Фещенко, Л. В. Борисова, О. В. Загора, В. О. Собина, Д. В. Тарадуда, М. О. Демент, І. М. Неклонський. – Х.: НУЦЗУ, 2021. – 44 с.

У методичних вказівках до виконання курсової роботи розглянуті методики розрахунку параметрів каналу передачі інформації відомчої цифрової телекомунікаційної мережі ДСНС України, оцінки надійності обладнання автоматизованої системи оперативного диспетчерського управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України за результатами спостережень під час експлуатації, пред'явлені вимоги і рекомендації з підвищення надійності на основі запропонованої схеми резервування автоматизованої системи управління з використанням розрахунків і аналізу результатів показників надійності і дослідження експлуатаційних параметрів технічного обслуговування.

Рівень викладення матеріалу дозволяє використовувати його у навчальному процесі для здобувачів вищої освіти, які навчаються на другому (магістерському) рівні в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 "Пожежна безпека" (освітньо-професійна програма: "Управління пожежною безпекою").

## ВСТУП

Методичні вказівки до виконання курсової роботи спрямовані на систематизування та закріплення теоретичних і практичних знань та вмінь, отриманих здобувачі вищої освіти заочної форми навчання під час навчання і вивчення навчальної дисципліни "Автоматизовані системи управління та телекомунікації".

### **Мета курсової роботи:**

1. Поглиблення знань з основ:

– організації автоматизованої системи оперативного диспетчерського управління (СОДУ) підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України та відомчої цифрової телекомунікаційної мережі (ВЦТМ) ДСНС;

– організації технічної експлуатації СОДУ та ВЦТМ для забезпечення стійкого оперативного управління підрозділами гарнізону ДСНС України.

– Набуття умінь і навичок:

– у проведенні оціночних розрахунків технічних характеристик каналу передачі інформації ВЦТМ для забезпечення оперативного управління підрозділами гарнізону ДСНС України;

– у проведенні оціночних розрахунків з прогнозування надійності та ефективності СОДУ під час реагування та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій

– організації заходів технічної експлуатації і обслуговування СОДУ та ВЦТМ для забезпечення стійкого оперативного управління підрозділами гарнізону ДСНС України;

– самостійного застосування знань та вмінь при рішенні навчальних і службових задач та оформлення звітних матеріалів.

Зміст курсової роботи складається з двох частин:

1. Розрахунок характеристик каналу передачі інформації СОДУ і ВЦТМ для забезпечення оперативного управління підрозділами гарнізону ДСНС України

2. Розрахунок показників надійності СОДУ і ВЦТМ для забезпечення оперативного управління підрозділами гарнізону ДСНС України.

Робота виконується здобувачами вищої освіти заочної форми навчання самостійно під керівництвом викладача-консультанта.

Для захисту курсової роботи здобувач вищої освіти повинен за місяць до початку сесії надати пояснювальну записку і креслення викладачу для перевірки і рецензування. Викладач розглядає надані матеріали, оцінює правильність розрахунків, обґрунтованість прийнятих рішень, повноту роботи і якість її виконання. За результатами перевірки виставляється загальна результуюча оцінка за курсову роботу. При незадовільній оцінці здобувач вищої освіти повинен переробити або повторно виконати роботу за іншим варіантом або надану.

### ***Вимоги до оформлення курсової роботи:***

Курсова робота виконується за індивідуальним завданням по варіантам.

Вихідні дані за номером варіанта до виконання та завдань курсової роботи обирається з таблиць Додатків 1, 2 за номером фамілії здобувача у списку в журналі навчальної групи.

Курсова робота повинна містити наступне:

- титульний лист (Додаток 3);
- зміст у формі бланку виконання курсової роботи (Додаток 4).

Курсова робота оформлюється у вигляді заповнення бланку виконання курсової роботи у окремому зошиті або на паперах формату А-4, в якому відображаються текстова і графічна частини (Додаток 4).

Текстова частина бланку виконання курсової роботи включає пояснення проведених розрахунків і висновків по результатам розрахунків.

Графічна частина включає підсумкові таблиці за результатами розрахунків, графіки та схеми, за допомогою яких ці розрахунки проводились.

В заключній частині кожного розділу повинні бути сформульовані висновки а наприкінці роботи підсумки з аналізу результатів розрахунків.

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ВІДОМЧОЇ ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ДСНС УКРАЇНИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ

## 1.1 Вхідні дані для дослідження параметрів каналу передачі інформації ВЦТМ

### Задано:

- підрозділ ДСНС України має засоби для обміну інформацією в ВЦТМ;
- загальну кількість текстової інформації протягом доби складає  $N_{ЗАГтст}$  [арк.];
- загальну кількість графічної інформації протягом доби складає  $N_{ЗАГгр}$  [арк.];
- середній час обміну текстовою інформацією кількістю  $N_{СЕРтст}$  [арк.] складає  $T_{СЕРтст}$  [с];
- кількість текстових символів, яка використовується у текстовому форматі  $N_{СМВ}$  [симв] (літери, цифри, позначки пунктуації та ін., формат аркуша А-4, інтервал одинарний, відступи 2 см з кожного боку аркуша);
- номер шрифту  $N_{шр}$ ;
- для передачі графічної інформації застосовується щільність пікселів  $N_{ПКС}$  на 1мм аркуша (формат аркуша А-4, відступи 2 см з кожного боку аркуша);
- кількість градацій чорно-білого кольору  $N_{кол}$ ;
- довжина кабельної лінії складає  $L$  [км];
- коефіцієнт послаблення  $\lambda$  [дБ/м] ( $1\text{дБ} = 0,115\text{Нп}$ );
- потрібне відношення сигнал/шум на приймальному кінці кабелю  $(P_c/P_{ш})_{ПР}$  [дБ].

### Потрібно:

- виконати оцінку загальної кількості інформації протягом доби;
- виконати оцінку швидкості передачі інформації  $C_I$ ;
- обчислити потрібну кількість каналів передачі інформації  $N_{КАН}$ ;
- виконати оцінку пропускну здатності каналу передачі інформації  $C_{КАН}$ ;
- оцінити потрібну надлишковість інформації при наявності перешкод  $I_n$ .

## 1.2 Дослідження вимог до параметрів каналу передачі інформації ВЦТМ

Оцінити кількість інформації при передачі текстів та графічної інформації.

Обчислити потрібну пропускну спроможність каналу передачі інформації в умовах послаблення сигналу в кабельній лінії.

Розрахувати потрібну надлишковість інформації в умовах послаблення сигналу в кабельній лінії.

Зробити висновки, в яких дати аналіз отриманих результатів.

### 1.3 Методика і приклад дослідження параметрів каналу передачі інформації ВЦТМ

Таблиця 1.1\* – Вхідні дані до розрахунку (Додаток 1, таблиця1)

№ Вар.	N <sub>ЗАГтст</sub> [арк.]	N <sub>ЗАГгр</sub> [арк.]	N <sub>СЕРтст</sub> [арк.]	T <sub>СЕРтст</sub> [с]	N <sub>СМВ</sub> [СМВ]	N <sup>o</sup> <sub>ШР</sub>	N <sub>ПКС</sub> [1/ММ]	N <sub>КОЛ</sub>	L [КМ]	λ [ДБ/М]	P <sub>С</sub> /P <sub>ШПР</sub> [ДБ]
0	100	50	5	10	64	18	3	4	2	0,005	13

#### 1.3.1 Оцінка кількості інформації при передачі текстів

1.3.1.1. Обчислення ентропії текстового повідомлення за формулою:

$$H_{mcm} = - \sum_{n=1}^N P_n \log_2 P_n \quad (1.1)$$

Для текстових символів, коли  $P_n = P_{n+1} = 1/N_{смв}$ , ентропія передачі текстового символу визначається за формулою:

$$H_{mcm} = \log_2 N_{смв} \quad (1.2)$$

Наприклад, якщо  $N_{смв} = 64$ , то  $H_{mcm} = \log_2 64 = \log_2 2^6 = 6 \log_2 2 = 6 \cdot 1 = 6$  (біт).

1.3.1.2. Обчислення кількості текстової інформації на одному аркуші за формулою:

$$I_{Amcm} = H_{mcm} \cdot N_{ЗН/А} \quad (1.3)$$

де  $N_{ЗН/А}$  – кількість знаків на одному аркуші, включаючи пробіли.

Наприклад, якщо  $N^o_{ШР} = 18$ , то  $N_{18ЗН/А} = 1995$  (враховано кількість знаків в одному рядку і кількість рядків).

Для інших розмірів шрифту застосовують формулу приблизного перерахунку:

$$N_{N^o_{ШР}ЗН/А} = (18/N^o_{ШР})^2 \cdot N_{18ЗН/А} = (18/N^o_{ШР})^2 \cdot 1995$$

$$I_{Amcm} = 6 \cdot 1995 = 11970 \text{ (біт)} = 11,7 \text{ Кбіт. (1 Кбіт = 1024 біт)}$$

1.3.1.3. Обчислення загальної кількості текстової інформації протягом доби за формулою:

$$I_{ЗАГтст} = I_{Атст} \cdot N_{ЗАГтст} \quad (1.4)$$

Наприклад,  $N_{ЗАГтст} = 100$ , то  $I_{ЗАГтст} = 11970 \cdot 100 = 1197000$  (біт) = 1169 Кбіт.

1.3.1.4. Обчислення швидкості передачі інформації за формулою:

$$C_I = I_{СЕРтст} / N_{СЕРтст} \quad (1.5)$$

де  $I_{СЕРтст} = I_{Атст} \cdot N_{ЗАГтст}$  – середня кількість інформації при однократній передачі.

Наприклад, якщо однократно передається текстова інформація на 5 аркушах за  $T_{СЕРтст} = 10$ с, то  $I_{СЕРтст} = 11970 \cdot 5 = 59850$  (біт) = 58 Кбіт.

Швидкість передачі інформації при цьому  $C_I = 58/10 = 5,8$  Кбіт/с.

Таким чином, швидкість передачі інформації  $C_I = 5,8$  Кбіт/с.

### 1.3.2 Оцінка кількості графічної інформації

1.3.2.1. Обчислення ентропії графічного повідомлення за формулою:

$$H_{зр} = \log_2 \cdot N_{кол} \quad (1.6)$$

Наприклад, якщо кількість градацій чорно-білого кольору  $N_{кол} = 4$ , то

$$H_{зр} = \log_2 4 = \log_2 2^2 = 2 \log_2 2 = 2 \cdot 1 = 2 \text{ (біт)}$$

1.3.2.2. Обчислення кількості пікселів на одному аркуші за формулою:

$$N_{ПКС/А} = S_A \cdot (N_{ПКС})^2 \quad (1.7)$$

де  $S_A$  = робоча площа аркуша у мм<sup>2</sup>,  $N_{ПКС}$  = щільність пікселів.

Наприклад, якщо  $S_A = 150 \times 200 = 30000$  мм<sup>2</sup>,  $N_{ПКС} = 3$ , то

$$N_{ПКС/А} = 30000 \cdot 9 = 270000 \text{ пкс} = 0,27 \cdot 10^6 \text{ пкс} = 0,27 \text{ Мпкс}$$

1.3.2.3. Обчислення кількості графічної інформації на одному аркуші здійснюється за формулою:

$$I_{Азр} = N_{ПКС/А} \cdot H_{зр} \quad (1.8)$$

Таким чином,  $I_{Азр} = 270000 \cdot 2 = 540000$  (біт) = 527 Кбіт, що значно перевищує кількість текстової інформації на одному аркуші.



1.3.2.4. Обчислення загальної кількості графічної інформації протягом доби здійснюється за формулою:

$$I_{ЗАГгр} = I_{Агр} \cdot N_{ЗАГгр} \quad (1.9)$$

Наприклад, якщо  $N_{ЗАГгр} = 50$ , то  $I_{ЗАГгр} = 527 \cdot 50 = 26350$  Кбіт.

### 1.3.3 Оцінка загальної кількості інформації протягом доби

1.3.3.1. Обчислення загальної кількості інформації протягом доби.

Загальна кількість інформації протягом доби складається із сумарної кількості текстової та графічної інформації протягом доби, тобто

$$I_{ЗАГ} = I_{ЗАГтст} + I_{ЗАГгр} \quad (1.10)$$

Для наведеного прикладу  $I_{ЗАГ} = 1169 + 26350 = 27519$  Кбіт.

1.3.3.2. Обчислення загального часу для передачі інформації протягом доби.

Загальний час для передачі інформації протягом доби здійснюється за формулою:

$$T_{ЗАГ} = I_{ЗАГ} / C_I \quad (1.11)$$

Для наведеного прикладу  $T_{ЗАГ} = 27519 / (5,8 \cdot 3600) = 1,4$  год.

1.3.3.3. Обчислення потрібної кількості каналів для передачі інформації протягом доби.

Обчислення потрібної кількості каналів для передачі інформації протягом доби здійснюється за формулою:

$$N_{КАН} = T_{ЗАГ} / 24 \quad (1.12)$$

Для наведеного прикладу  $N_{КАН} = 1,4 / 24 = 0,05$ .

Тобто, достатньо одного каналу передачі інформації  $N_{КАН} = 1$ .

### 1.3.4 Оцінка потрібної пропускної здатності каналу передачі інформації в умовах послаблення сигналу в кабельній лінії

1.3.4.1. Пропускна здатність каналу передачі інформації оцінюється за формулою:

$$C_K = \Delta f_c \log_2(1 + P_c/P_w), \quad (1.13)$$

де відношення  $P_c/P_w$  повинно враховуватися на передавальному боці каналу телекомунікацій  $(P_c/P_w)_{ПЕРВ}$  одиницях;

$\Delta f_c$  – ширина смуги спектру інформаційного сигналу.

Спочатку обчислимо ширину смуги спектру інформаційного сигналу  $\Delta f_c$  та відношення  $P_c/P_w$ .

Визначимо  $\Delta f_c$  – ширину смуги спектру інформаційного сигналу, за формулою (1.14):

$$\Delta f_c = 1/\tau_1 \quad (1.14)$$

де  $\tau_1$  – тривалість елементарного повідомлення, тобто сигналу для передачі одного біта інформації.

Відомо, що  $\tau_1 = 1/C_I$ . Тоді  $\Delta f_c$  у герцах чисельно дорівнює  $C_I$  у біт/с.

Для нашого прикладу  $\Delta f_c = 5985$  Гц.

Відношення  $P_c/P_w$  оцінюється за формулою:

$$(P_c/P_w)_{PP} = (P_c/P_w)_{PEP} \cdot e^{-\lambda L} \quad (1.15)$$

де  $(P_c/P_w)_{PEP}$  – відношення на передавальному боці каналу телекомунікацій;

$(P_c/P_w)_{PP}$  – відношення на приймальному боці каналу телекомунікацій;

$\lambda$  – коефіцієнт послаблення у неперах (1дБ = 0,115Нп);

$L$  – довжина кабелю у метрах.

Потрібне значення  $(P_c/P_w)_{PP}$  [дБ] =  $10 \cdot \log_2(P_c/P_w)_{PP} = 13$  дБ. Розділимо ліву та праву частини рівняння на 10 та позбудемося логарифму шляхом возведення в ступінь за основою 10 у результаті отримаємо:

$$(P_c/P_w)_{PP} = 10^{\frac{(P_c/P_w)_{PP} [\text{дБ}]}{10 [\text{дБ}]}} = 10^{\frac{13 [\text{дБ}]}{10 [\text{дБ}]}} = 20 \text{ разів}$$

При  $\lambda = 0,005$ дБ/м та довжині кабельної лінії  $L = 2$ км = 2000м, визначимо чисельні значення у формулу 1.15 та проведемо обчислення:

$$(P_c/P_w)_{PEP} = (P_c/P_w)_{PP} \cdot e^{\lambda L} = 20 \cdot e^{0,005 \cdot 0,115 \cdot 2000} = 20e^{1,15} = 20 \cdot 3,28 = 65,6 \text{ раз}$$

Отримані значення  $\Delta f_c$  та  $P_c/P_w$  вставимо у формулу (1.13), одержимо:

$$C_K = \Delta f_c \log_2(1 + P_c/P_w) = 5985 \cdot \log_2(1 + 65,6) = 5985 \cdot \log_2 65,6 = 5985 \cdot 6,2 = 37107 \text{ біт/с}$$

### 1.3.5. Оцінка потрібної надлишковості інформації в умовах послаблення сигналу в кабельній лінії

Кількість корисної інформації протягом передачі  $T_{\Pi}$  визначається за формулою:

$$I_{КОР} = C_I \cdot T_{\Pi} \quad (1.16)$$

де  $C_I$  – швидкість передачі інформації;  
 $T_{\Pi}$  – час передачі інформації.

Загальна інформація з урахуванням надлишковості  $I^*$  визначається за формулою:

$$I^* = C_K T_{\Pi} \quad (1.17)$$

де  $C_K$  – потрібна пропускна здатність каналу телекомунікацій,  
 $T_{\Pi}$  – час передачі інформації.

Надлишковість інформації  $I_H$  визначається за формулою:

$$I_H = I^* - I_{КОР} = C_K T_{\Pi} - C_I T_{\Pi} = (C_K - C_I) \cdot T_{\Pi} \quad (1.18)$$

Відносна надлишковість, визначається за формулою:

$$I_H / I_{КОР} = (C_K T_{\Pi} - C_I T_{\Pi}) / C_I T_{\Pi} = (C_K - C_I) / C_I \quad (1.19)$$

1.3.5.1. Обчислення відносної надлишковості інформації за формулою (1.19)

$$I_H / I_{КОР} = (C_K - C_I) / C_I = (37107 - 5985) / 5985 = 5,2 \text{ рази}$$

**Висновок.** Для нашого прикладу надлишковість інформації перевищує кількість корисної інформації у 5,2 рази.

### 1.3.6 Звіт про виконання завдання

1. Заповнити відповіді на пункти задач 1.3.1-1.3.5 по варіантах до Таблиці 1.2\*.

Таблиця 1.2\* – Вихідні результати розрахунку

п.	1.3.1.1.	1.3.1.2.	1.3.1.3.	1.3.1.4.	1.3.2.1.	1.3.2.2.	1.3.2.3.	1.3.2.4.
	$N_{тст}$ , біт	$I_{Atст}$ , Кбіт	$I_{ЗАГтст}$ , Кбіт	$C_I$ , Кбіт/с	$N_{гр}$ , біт	$N_{ПКС/А}$ , пкс	$I_{Агр}$ , Кбіт	$I_{ЗАГгр}$ , Кбіт
	6	11,7	1169	5,8	2	270000	527	26350
п.	1.3.3.1.	1.3.3.2.	1.3.3.3.	1.3.4.1.				1.3.5.1.
	$I_{ЗАГ}$ , Кбіт	$T_{ЗАГ}$ , год.	$N_{КАН}$ од.	$\Delta f_c$ Гц	$(P_c/P_{ш})_{ПР}$ разів	$(P_c/P_{ш})_{ПЕР}$ разів	$C_K$ біт/с	$I_H/I_{КОР}$ разів
	27519	1,4 год.	1	5985	20	65,6	37107	5,2

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ

До початку виконання розрахунків ознайомитися з основами теорії надійності і методикою розрахунків, які надані у курсі лекцій. Методика розрахунків пояснюється конкретним прикладом.

### **На основі вихідних даних виконати:**

1. Обчислити одиничні показники надійності обладнання СОДУ.
2. Визначити комплексні показники надійності обладнання СОДУ:
  - при відсутності апаратури прогнозування відмов;
  - при наявності апаратури прогнозування відмов;
  - при наявності апаратури автоматичного пошуку елемента, який відмовив.
3. Оцінити безвідмовність засобів зв'язку при наявності резервування.
4. Оцінити ефективність контролю технічного стану обладнання СОДУ.
5. Оцінити ефективність технічного обслуговування обладнання СОДУ.
6. Після виконання кожного пункту розрахунків обов'язково надати коротку інтерпретацію отриманих результатів.

### **2.1 Методика дослідження показників обладнання СОДУ**

**Задача 2.1** На випробування у момент часу  $t_0 = 0$  год. поставлено  $N$  ( $t_0 = 0$ ) = 100 засобів телекомунікацій одного типу. З часом засоби СОДУ починають відмовляти. Кількість засобів  $n(t_i)$ , що відмовили до визначеного моменту часу  $t_i$  приведено в Додатку 2 (таблиця 2.1).

Прилади, що відмовили, ремонтувалися, подальші випробування на безвідмовність не проводилися, тому доцільним є обчислення показників надійності.

#### **2.1.1 Розрахунок одиничних показників надійності обладнання СОДУ**

Імовірність безвідмовної роботи обладнання СОДУ даного типу визначається по формулі:

$$P(t_i) = (N - n(t_i))/N \quad (2.1)$$

На основі дискретних значень  $P(t_i)$  будується графік поточних значень  $P(t_i)$  для довільних відрізків часу від початку випробувань  $t_0 = 0$  год. до  $t_m = 168$  год.

Далі перевіряється відповідність отриманого графіка з графіком для експонентного закону безвідмовної роботи:

$$P(t) = e^{-\lambda t} \quad (2.2)$$

Це можна зробити двома способами.

1-й спосіб. З таблиці 1 оцінюється значення  $T_{сер1}$  – середній час роботи засобу СОДУ до відмовлення по формулі:

$$T_{сер1} = (\sum_{i=1}^m t_i \cdot n^* t_i) / n(t_m) \quad (2.3)$$

де  $t_i$  – відрізки часу, що приведені в таблиці 1;

$n^* t_i = n(t_i - t_{i-1})$  – кількість обладнання СОДУ, що відмовили в проміжку часу між  $t_{i-1}$  та  $t_i$ ;

$m$  – кількість відрізків часу, що фіксуються;

$n(t_m)$  – загальна кількість обладнання СОДУ, що відмовили, до моменту часу  $t_m$ .

Далі визначається  $\lambda_1 = 1/T_{сер1}$ . Для отриманого статистичним шляхом значення  $\lambda$  будується графік  $P_1(t_i)$  і порівнюється з тим, що отриманий раніше на основі результатів розрахунків, тобто з  $P_1(t_i)$ .

2-й спосіб. З графіка  $P(t)$  у припущенні, що він піддається експонентному закону, визначається  $T_{сер2}$  наступним чином. При  $t = T_{сер2}$ , як відомо  $P(t) = e^{-1} =$

$= 0,367$ . Для  $P(t_i) \approx 0,367$  знаходиться  $T_{сер2}$ , далі визначається  $\lambda_2 = 1/T_{сер2}$ .

Для отриманого значення  $\lambda_2$  будується графік  $P_2(t)$  і порівнюється з графіком  $P(t_i)$ .

У підсумку робиться порівняльний аналіз отриманих результатів, і приймаються остаточні значення  $\lambda_3$  і  $T_{сер3}$ .

### 2.1.2 Оцінка комплексних показників надійності обладнання СОДУ

Наступним етапом є оцінка комплексних показників надійності  $K_2$  і  $K_{02}$ .

Для їхньої оцінки необхідне значення середнього часу відновлення обладнання телекомунікацій, що відмовили,  $T_v$  визначається по формулі:

Для оцінки комплексних показників надійності  $K_2$  і  $K_{02}$  необхідне значення середнього часу  $T_g$  – відновлення обладнання телекомунікацій, що відмовили, визначається по формулі:

$$T_{\theta} = (\sum_{i=1}^m t_{\theta i} \cdot n^* t_i) / n(t_m) \quad (2.4)$$

де  $n^* t_i = n(t_i) - n(t_{i-1})$  – кількість обладнання СОДУ, що відмовили в проміжку часу між  $t_{i-1}$  та  $t_i$ ;

$t_{\theta i}$  – середній час відновлення партії обладнання СОДУ, що відмовили у проміжку часу між  $t_{i-1}$  та  $t_i$ ;

$m$  – кількість відрізків часу, що фіксуються;

$n(t_m)$  – загальна кількість обладнання СОДУ, що відмовили, до моменту часу  $t_m$ .

Дані для визначення  $T_{\theta}$  приведені в Додатку 2 (таблиця 2.2)

Коефіцієнти готовності  $K_{\Gamma}$  і оперативної готовності  $K_{\text{ог}}$  визначаються по формулах

$$K_2 = T_{\text{сер}} / (T_{\text{сер}} + T_{\theta}) \quad (2.5)$$

$$K_{\text{ог}} = K_2 \cdot P(t) \quad (2.6)$$

На основі значень  $T_{\text{сер}}$  і  $T_{\theta}$  оцінюється  $K_2$ , що визначає імовірність працездатного стану засобу СОДУ в довільний момент часу, за умови, що усі відмови раптові.

Якщо частина відмов може бути прогнозована системою контролю, і якщо реалізовано автоматичний пошук раптової відмови, то значення  $T_{\text{сер}}^*$  і  $T_{\theta}^*$  будуть різними.

Наприклад, якщо вихідне значення  $\lambda = 0,005$  1/год., а частка прогнозованих відмов складає 45 %, оскільки

$$\lambda = \lambda_{\text{вн}} + \lambda_{\text{но}}$$

де  $\lambda_{\text{вн}}$  – інтенсивність раптових відмов;

$\lambda_{\text{но}}$  – інтенсивність прогнозованих відмов.

$$\lambda_{\text{вн}} = \lambda - \lambda_{\text{но}} = 0,55 \lambda = 0,00275 \text{ 1/год.}$$

Відповідно  $T_{\text{сер}}^* > T_{\text{сер}}$ .

Оскільки, велику частину часу відновлення витрачається на пошук елемента, що відмовив, то при наявності автоматичного пошуку відмов

$$T_{\theta}^* = (40 - 60) \% T_{\theta}$$

Нові значення  $K_2^*$ , оцінюється з використанням значень  $T_{\text{сер}}^*$  і  $T_{\theta}^*$ , дані для їхнього обчислення приведені в Додатку 2 (таблиця 2.3).

$K_{\text{ог}}$  оцінюється для конкретного оперативного відрізка часу, що приведений у Додатку 2 (таблиця 2.3). При цьому виконати порівняльну оцінку значень  $K_{\Gamma}$  і  $K_{\Gamma}^*$  та  $K_{\text{ог}}$  і  $K_{\text{ог}}^*$ .

### 2.1.3 Оцінка безвідмовності обладнання СОДУ при наявності резервування

Існують два способи включення елементів – послідовний і паралельний, або їх комбінація.

При послідовному включенні елементів загальна ймовірність безвідмовної роботи  $P_{\Sigma}$  оцінюється по формулі:

$$P_{\Sigma} = \prod_{i=1}^n p_i \quad (2.7)$$

де  $p_i$  – ймовірність безвідмовності  $i$ -го елемента засобу СОДУ ;  
 $n$  – кількість послідовно включених елементів.

При паралельному включенні елементів загальна ймовірність безвідмовної роботи  $P_{\Sigma}$  оцінюється по формулі:

$$P_{\Sigma} = 1 - \prod_{i=1}^m (1 - p_i) \quad (2.8)$$

де  $p_i$  – ймовірність безвідмовності  $i$ -го елемента засобу СОДУ ;  
 $m$  – кількість паралельно включених елементів.

Обчислити надійність засобу СОДУ при відсутності та при наявності резервування з параметрами надійності елементів і схемою резервування, вказаними у Додатку 2 (таблиця 2.3). Зробити висновок щодо впливу резервування на надійність засобу СОДУ.

### 2.1.4 Оцінка ефективності контролю технічного стану обладнання СОДУ

Для підтримки необхідних значень  $K_z$  і  $K_{oz}$  здійснюють контроль працездатності засобу СОДУ. У залежності від того, в якому режимі (ручний чи автоматичний) здійснюється контроль, призначається періодичність його проведення.

Для контролю в ручному режимі оптимальний період його проведення  $T_{к.опт}$  визначається по формулі:

$$T_{к.опт} = \sqrt{\tau_k^2 + \frac{2\tau_k}{\lambda} [1 + T_{вк}(\lambda_k - \lambda)]} \quad (2.9)$$

де  $\lambda$  – інтенсивність відмовлень у режимі експлуатації по прямому призначенню,

$\lambda_k$  – інтенсивність відмов у режимі контролю;

$\tau_k$  – час контролю;

$T_{вк}$  – час відновлення в режимі контролю.

Під час контролю засіб СОДУ прямому призначенню не використовується.

Для контролю в автоматичному режимі оптимальний період його проведення  $T_{к.опт}$  визначається по формулі:

$$T_{к.опт} = \sqrt{\tau_k^2 + 2T_{вк}\tau_k \left(\frac{\lambda_k}{\lambda} - 1\right)} \quad (2.10)$$

де значення величин, що входять у формулу (2.10), аналогічні величинам, що входять у формулу (2.9). Ці значення приведені у Додатку 2 (таблиці 2.3).

де значення величин, що входять у формулу (2.10) приведені у Додатку 2 (таблиця 2.3).

### 2.1.5 Оцінка ефективності технічного обслуговування обладнання СОДУ

Для підвищення показників надійності обладнання СОДУ при експлуатації в різних режимах роботи проводиться їхнє технічне обслуговування з визначеною періодичністю. Періодичність  $T_{то}$  визначається шляхом мінімізації коефіцієнта змушеного простою  $K_{п.мін}$ , що обчислюється по формулі:

$$K_{п.мін} = \left[ T_{пр} + \lambda T_{в} T_{то} + T_{то} - \frac{1}{\lambda_{по}} (1 - e^{-\lambda_{по} T_{то}}) \right] / T_{то} \quad (2.11)$$

де  $T_{пр}$  – тривалість технічного обслуговування (профілактики);  
 $\lambda$  – інтенсивність відмовлень у режимі експлуатації по прямому призначенню;

$T_{в}$  – середній час відновлення засобу СОДУ ;

$T_{то}$  – період технічного обслуговування;

$\lambda_{по}$  – інтенсивність прогнозованих відмов.

При цьому період технічного обслуговування (профілактики)  $T_{то}$  визначається по формулі:

$$T_{то} = \sqrt{\frac{2T_{пр}}{\lambda_{по}}} = \sqrt{2T_{пр}T_{то}} \quad (2.12)$$

де  $T_{пр}$  – тривалість визначеного виду технічного обслуговування;

$\lambda_{по}$  – інтенсивність прогнозованих відмов;

$T_{то}$  – середній час роботи засобу СОДУ між прогнозованими відмовами.

Формула (2.12) використовується для засобу СОДУ , що постійно використовуються за прямим призначенням.



Для засобів СОДУ, що знаходяться на збереженні або періодично застосовуються за прямим призначенням, використовують граничне значення періоду технічного обслуговування (профілактики)  $T_{то макс.}$  при припустимому зниженні імовірності працездатного стану  $P_{дон}$  між профілактичними обслуговуваннями.

При цьому  $T_{то макс.}$  визначається по формулі:

$$T_{то макс.} = t_p - (T_{cp} \ln P_{дон} + t_p) / K_3 \quad (2.13)$$

де  $t_p$  – тривалість роботи засобу СОДУ, що знаходиться на збереженні, між профілактичними обслуговуваннями;

$T_{cp}$  – середній час наробітку до відмови засобу СОДУ;

$P_{дон}$  – мінімально припустиме зниження значення імовірності справного стану між профілактичними обслуговуваннями;

$K_3$  – коефіцієнт збереження засобу СОДУ в режимі збереження (зазвичай  $K_3 \approx 10^{-3}$ ).

Для засобів СОДУ, які знаходяться на збереженні і не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями,  $T_{то макс.}$  визначається по формулі:

$$T_{то макс.} = -T_{cp} \ln P_{дон} / K_3 \quad (2.14)$$

## 2.2 Приклад дослідження показників обладнання СОДУ

### 2.2.1 Розрахунок одиничних показників надійності обладнання СОДУ

Вхідні дані до розрахунку (Додаток 2, таблиця 2)

Таблицю 2.1\*

Час, (год.)	0	6	12	24	48	72	96	120	144	168
№ вар.	Кількість обладнання СОДУ, які відмовили до визначеного часу випробування									
$n(t_i)$	0	4	18	25	40	53	64	68	73	82
$n^*(t_i)$	0	4	14	7	15	13	11	4	5	9

2.2.1.1 Розраховуємо імовірність безвідмовної роботи за формулою (2.1)

$$P(t=0) = \frac{100 - n(0)}{100} = \frac{100 - 0}{100} = 1$$

$$P(t=6) = \frac{100 - n(6)}{100} = \frac{100 - 4}{100} = \frac{96}{100} = 0,96$$

$$P(t=12) = \frac{100 - n(12)}{100} = \frac{100 - 18}{100} = \frac{82}{100} = 0,82$$

$$\begin{aligned}
P(t = 24) &= \frac{100 - n(24)}{100} = \frac{100 - 25}{100} = \frac{75}{100} = 0,75 \\
P(t = 48) &= \frac{100 - n(48)}{100} = \frac{100 - 40}{100} = \frac{60}{100} = 0,6 \\
P(t = 72) &= \frac{100 - n(72)}{100} = \frac{100 - 53}{100} = \frac{47}{100} = 0,47 \\
P(t = 96) &= \frac{100 - n(96)}{100} = \frac{100 - 64}{100} = \frac{36}{100} = 0,36 \\
P(t = 120) &= \frac{100 - n(120)}{100} = \frac{100 - 68}{100} = \frac{32}{100} = 0,32 \\
P(t = 144) &= \frac{100 - n(144)}{100} = \frac{100 - 73}{100} = \frac{27}{100} = 0,27 \\
P(t = 168) &= \frac{100 - n(168)}{100} = \frac{100 - 82}{100} = \frac{18}{100} = 0,18
\end{aligned}$$

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.2\*.

Перевіримо  $P(t_i)$  на відповідність експонентному закону безвідмовної роботи формула (2.2).

2.2.1.21-й спосіб. За даними таблиці 2.1\* оцінюємо значення  $T_{сер}$  середній час роботи засобу СОДУ до відмови по формулі (2.3)

Попередньо обробляємо вхідні дані та знаходимо значення  $n^*(t_i) = n(t_i) - n(t_{i-1})$  які вносимо до таблиці 2.1\* Обчислимо  $T_{сер1}$ :

$$\begin{aligned}
T_{сер1} &= \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot n^*(t_i)}{n(t_m)} = \frac{6 \cdot 4 + 12 \cdot 14 + 24 \cdot 7 + 48 \cdot 15 + 72 \cdot 13 +}{82} \\
&+ \frac{96 \cdot 11 + 120 \cdot 4 + 144 \cdot 5 + 168 \cdot 9}{82} = \\
&= \frac{24 + 168 + 168 + 720 + 936 + 1056 + 480 + 720 + 1512}{82} = 70,54 \text{ год.} \\
\lambda_1 &= \frac{1}{T_{сер1}} = \frac{1}{70,54} = 0,014176 \approx 0,0142 \text{ 1/год.}
\end{aligned}$$

Розраховуємо імовірність безвідмовної роботи за формулою (2.2) при  $\lambda = \lambda_1$ :

$$\begin{aligned}
P_1(t = 0) &= e^{-0,0142 \cdot 0} = e^0 = 1 \\
P_1(t = 6) &= e^{-0,0142 \cdot 6} = 0,918 \\
P_1(t = 12) &= e^{-0,0142 \cdot 12} = 0,843 \\
P_1(t = 24) &= e^{-0,0142 \cdot 24} = 0,711 \\
P_1(t = 48) &= e^{-0,0142 \cdot 48} = 0,506 \\
P_1(t = 72) &= e^{-0,0142 \cdot 72} = 0,36 \\
P_1(t = 96) &= e^{-0,0142 \cdot 96} = 0,256
\end{aligned}$$

$$P_1(t = 120) = e^{-0,0142 \cdot 120} = 0,182$$

$$P_1(t = 144) = e^{-0,0142 \cdot 144} = 0,129$$

$$P_1(t = 168) = e^{-0,0142 \cdot 168} = 0,092$$

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.2\*.

2.2.1.3. 2-й спосіб. З таблиці 2.2\*. У припущенні що  $P(t)$  підкоряється експонентному закону, при  $t = T_{cp}$ , як відомо  $P(t) = e^{-1} \approx 0,367$ . Для даного випадку  $t = T_{сер2} \approx 96$  год.

$$\text{Далі визначається } \lambda_2 = \frac{1}{T_{сер2}} = \frac{1}{96} = 0,0104 \text{ 1/год.}$$

Розраховуємо імовірність безвідмовної роботи за формулою (2.2) при  $\lambda = \lambda_2$ :

$$P_2(t = 0) = e^{-0,0104 \cdot 0} = e^0 = 1$$

$$P_2(t = 6) = e^{-0,0104 \cdot 6} = 0,94$$

$$P_2(t = 12) = e^{-0,0104 \cdot 12} = 0,883$$

$$P_2(t = 24) = e^{-0,0104 \cdot 24} = 0,78$$

$$P_2(t = 48) = e^{-0,0104 \cdot 48} = 0,607$$

$$P_2(t = 72) = e^{-0,0104 \cdot 72} = 0,473$$

$$P_2(t = 96) = e^{-0,0104 \cdot 96} = 0,368$$

$$P_2(t = 120) = e^{-0,0104 \cdot 120} = 0,287$$

$$P_2(t = 144) = e^{-0,0104 \cdot 144} = 0,224$$

$$P_2(t = 168) = e^{-0,0104 \cdot 168} = 0,174$$

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.2\*.

Таблиця 2.2\*

Час, год.	0	6	12	24	48	72	96	120		144	168
$P(t_i)$	1	0,96	0,82	0,75	0,6	0,47	0,36	0,32		0,27	0,18
$P_1(t_i)$	1	0,918	0,843	0,711	0,506	0,36	0,256	0,182		0,129	0,092
$P_2(t_i)$	1	0,94	0,883	0,779	0,607	0,473	0,368	0,287		0,224	0,174

2.2.1.4. Будуємо графіки імовірність безвідмовної роботи засобу СОДУ  $P_1(t_i)$ ,  $P_2(t_i)$  і порівнюємо їх з графіком  $P(t_i)$  ручним способом або автоматичним, наприклад, за допомогою програми EXCEL

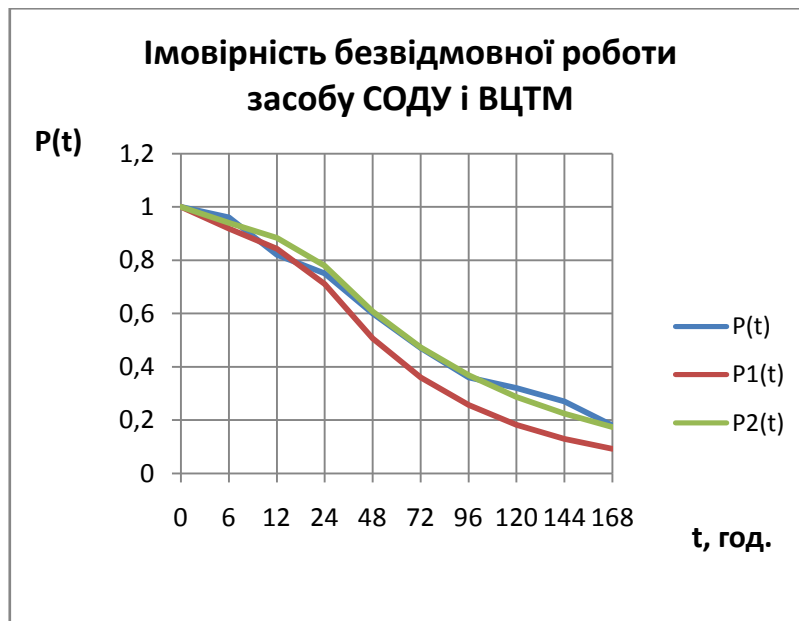


Рис. 2.1 – Графіки імовірності безвідмовної роботи  $P(t_i)$ ,  $P_1(t_i)$ ,  $P_2(t_i)$

**Висновок.** З порівняльного аналізу аналітичних графіків  $P_1(t_i)$ ,  $P_2(t_i)$  випливає, що вони досить точно відображують статистичну імовірність безвідмовної роботи засобу СОДУ  $P(t_i)$  при обранні  $\lambda_3 = 0,011$  1/год., що відповідає середньому часу на роботу до відмови засобу СОДУ :

$$T_{серз} = \frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{0,011} = 90,909 \approx 91 \text{ год.}$$

## 2.2.2 Оцінка комплексних показників надійності

Вхідні дані до розрахунку (Додаток 1, таблиця 2. )

Таблицю 2.2\*

№ партій	1 партія засобів, які відмовили до 6 год.	2 партія засобів, які відмовили до 12 год.	3 партія засобів, які відмовили до 24 год.	4 партія засобів, які відмовили до 48 год.	5 партія засобів, які відмовили до 72 год.	6 партія засобів, які відмовили до 96 год.	7 партія засобів, які відмовили до 120 год.	8 партія засобів, які відмовили до 144 год.	9 партія засобів, які відмовили до 168 год.
№ вар.	Середній час відновлення обладнання СОДУ в окремих партіях (хв.)								
0.	26	35	33	27	29	30	26	28	32

2.2.2.1. Обчислимо значення середнього часу відновлення засобів СОДУ, що відмовили,  $T_g$  визначається по формулі (2.4):

$$T_{\theta} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{\theta i} \cdot n^*(t_i)}{n(t_m)} = \frac{26 \cdot 4 + 35 \cdot 14 + 33 \cdot 7 + 27 \cdot 15 + 29 \cdot 13 + 30 \cdot 11 + 26 \cdot 4 + 28 \cdot 5 + 32 \cdot 9}{82} = \frac{2469}{82} = 30,11 \approx 30 \text{ год.}$$

2.2.2.2. Розрахунок коефіцієнтів готовності  $K_2$  і оперативної готовності  $K_{o2}$  по формулах (2.5) і (2.6) за даними Додатку 2 (таблиця 2.3):

Таблиця 2.3\*

№, вар.	$K_{o2}$	$K_2^*, K_{o2}^*$	
	$t, (\text{год.})$	$\lambda_{\text{по} \gamma} (\% \text{ від } \lambda)$	$T_{\theta}^* \mu (\% \text{ від } T_{\theta})$
0.	4	30	30

а) При відсутності автоматичного пошуку відмов:

$$K_2 = \frac{T_{\text{сер}3}}{T_{\text{сер}3} + T_{\theta}} = \frac{91}{91 + 30} = 0,752$$

$$P(t = 4) = e^{-\lambda_3 t} = e^{-0,011 \cdot 4} = 0,957$$

$$K_{o2} = K_2 \cdot P(t) = 0,752 \cdot 0,957 = 0,72$$

б) При наявності автоматичного пошуку відмов:

$$\lambda_3 = \lambda_{no} + \lambda_{\theta n}, \text{ при } \lambda_{no} = \frac{\gamma}{100} \cdot \lambda_3$$

$$\lambda_{\theta n} = \lambda_3 - \lambda_{no} = \left(1 - \frac{\gamma}{100}\right) \cdot \lambda_3 = \left(1 - \frac{30}{100}\right) \cdot \lambda_3 = 0,7 \cdot 0,011 = 0,0077 \text{ 1/год.}$$

$$T_{\text{сер}}^* = \frac{1}{\lambda_{\theta n}} = \frac{1}{0,0077} = 129,87 \approx 130 \text{ год.}$$

$$T_{\theta}^* = \frac{\mu}{100} \cdot T_{\theta} = \frac{30}{100} \cdot 30 = 9 \text{ год.}$$

$$K_2^* = \frac{T_{\text{сер}}^*}{T_{\text{сер}}^* + T_{\theta}} = \frac{130}{130 + 9} = 0,935$$

$$P^*(t = 4) = e^{-\lambda_{\theta n} t} = e^{-0,0077 \cdot 4} = 0,97$$

$$K_{o2}^* = K_2^* \cdot P(t) = 0,935 \cdot 0,97 = 0,907$$

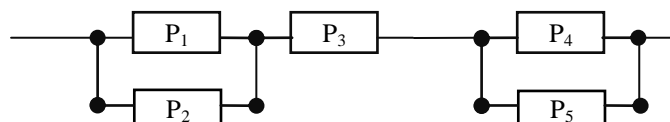
**Висновок.** При наявності автоматичного пошуку відмов вдається суттєво підвищити коефіцієнт готовності  $K_2^* > K_2$  і коефіцієнт оперативної готовності  $K_{o2}^* > K_{o2}$  засобу СОДУ.

### 2.2.3 Оцінка безвідмовності обладнання СОДУ при наявності резервування

Обираємо схему засобу СОДУ з Додатку 2 (таблиця 2.4)

**Таблиця 2.4\***

№ вар.	№ схеми	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
0	0	0,85	0,87	0,95	0,9	0,92



**Рис. 2.2 – Схема резервування елементів обладнання СОДУ**

2.2.3.1. Розрахунок надійності засобу СОДУ при відсутності резервування

$$P = P_1 \cdot P_3 \cdot P_4 = 0,85 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 0,727$$

2.2.3.2. Обчислення надійності засобу СОДУ при наявності резервування

$$P_p = P_{1,2} \cdot P_3 \cdot P_{4,5} = 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,992 = 0,924$$

$$P_{1,2} = 1 - (1 - P_1) \cdot (1 - P_2) = 1 - (1 - 0,85) \cdot (1 - 0,87) = 1 - 0,15 \cdot 0,13 = 0,98$$

$$P_{4,5} = 1 - (1 - P_4) \cdot (1 - P_5) = 1 - (1 - 0,9) \cdot (1 - 0,92) = 1 - 0,1 \cdot 0,08 = 0,992$$

2.2.3.3 Проведемо порівняння:  $P_p = 0,924 > P = 0,727$

**Висновок.** За рахунок введення резервування елементів вдається значно підвищити надійність засобу СОДУ.

### 2.2.4 Оцінка ефективності контролю технічного стану обладнання СОДУ

Вхідні дані з Додатку 2 таблиці 2.3 включаємо у Табл. 2.5

**Таблиця 2.5\***

№ вар.	$T_{к.опт}$		
	$\tau_k$ (год.)	$\lambda_{по}, \alpha = (\lambda_k/\lambda)$	$T_{вк}, \beta = (T_{вк}/T_{в})$
0.	2	10	1,5

2.2.4.1 Розраховуємо оптимальний період проведення  $T_{к.опт.р}$  для контролю в ручному режимі по формулі (2.9):

$$T_{\text{к.опт.р.}} = \sqrt{\tau_{\text{к}}^2 + \frac{2\tau_{\text{к}}}{\lambda} [1 + T_{\text{вк}}(\lambda_{\text{к}} - \lambda)]} = \sqrt{\tau_{\text{к}}^2 + \frac{2\tau_{\text{к}}}{\lambda} + \beta T_{\text{в}}(\alpha - 1)} =$$

$$\sqrt{2^2 + \frac{2 \cdot 2}{0,011} + 1,5 \cdot 30 \cdot (10 \approx -1)} = 27,796 \approx 28$$

Обираємо  $T_{\text{к.опт.р.}} = 28 \text{ год.} / 24 \text{ год.} = 1,158 \approx 1$  доба, тобто контроль технічного стану обладнання СОДУ в ручному режимі потрібно робити щоденно.

2.2.4.2. Обчислимо оптимальний період проведення  $T_{\text{к.опт.р.}}$  для контролю в автоматичному режимі по формулі (2.10):

$$T_{\text{к.опт.р.}} = \sqrt{\tau_{\text{к}}^2 + 2T_{\text{вк}}\tau_{\text{к}}\left(\frac{\lambda_{\text{к}}}{\lambda} - 1\right)} =$$

$$\sqrt{\tau_{\text{к}}^2 + 2 \cdot \beta T_{\text{в}}\tau_{\text{к}}(\alpha - 1)} = \sqrt{2^2 + 2 \cdot 1,5 \cdot 30 \cdot 2(10 - 1)} = 40,299$$

Обираємо  $T_{\text{к.опт.а.}} = 40,299 \text{ год.} / 24 \text{ год.} = 1,679$  діб  $\approx 2$  доби, таким чином контроль технічного стану обладнання СОДУ в автоматичному режимі достатньо робити 1 раз за 2 доби інакше кажучи через добу.

2.2.4.3 Розраховуємо співвідношення  $T_{\text{к.опт.а.}} / T_{\text{к.опт.р.}} = 1,679 \text{ год.} / 1,158 \text{ год.} = 1,45 \approx 1,5$  разів.

**Висновок.** За рахунок втілення автоматичного контролю технічного стану обладнання СОДУ вдається збільшити оптимальний період проведення контролю приблизно в півтора разу, тобто у стільки ж разів зменшити періодичність контролю.

## 2.2.5. Оцінка ефективності технічного обслуговування обладнання СОДУ

Вхідні дані з Додатку 2 таблиці 2.3 включаємо у таблицю 2.6

Таблиця 2.6\*

№ вар.	$T_{\text{мо}}, K_{\text{зп.мін.}}$	$T_{\text{мо макс.}}$		
	$T_{\text{пр}}, \text{ГОД.}$	$t_{\text{р}}, \text{ГОД.}$	$K_{\text{з}} \cdot 10^3$	$P_{\text{дон}}$
0.	5	2	2,5	0,95

2.2.5.1. Для засобу СОДУ, що постійно використовується по прямому призначенню період технічного обслуговування  $T_{\text{мо}}$ , визначимо по формулі (2.12).

За даними таблиці 2.3\* інтенсивність прогнозованих відмов складатиме 30% від експлуатаційної тобто  $\lambda_{no} = \frac{\gamma}{100} \cdot \lambda_3 = \frac{30}{100} \cdot 0,011 = 0,0033$  1/год.:

$$T_{mo} = \sqrt{2T_{np}/\lambda_{no}} = \sqrt{2 \cdot 5/0,0033} = 55,048 \approx 55 \text{ год.}$$

Обираємо  $T_{mo} = 55$  год. /24 год. = 2,3  $\approx$  2 доби.

Таким чином періодичність технічного обслуговування засобу СОДУ, що постійно використовується по прямому призначенню складатиме 2 доби.

2.2.5.2. Для обладнання СОДУ, що знаходяться на збереженні або періодично використовуються по прямому призначенню період технічного обслуговування  $T_{mo}$ , визначимо по формулі (2.13):

$$T_{mo \text{ макс}1} = t_p - (T_{сер} \ln P_{дон} - t_p) / K_3 = 2 - (91 \ln 0,95 + 2) / 2,5 \cdot 10^{-3} = 1069,076 \text{ год.}$$

Обираємо  $T_{mo \text{ макс}1} = 1069$  год. /24 год. = 44,542  $\approx$  45 діб/30 = 1,5 місяця

Таким чином періодичність технічного обслуговування засобу СОДУ, що знаходяться на збереженні або періодично використовуються по прямому призначенню складатиме 1,5 місяця.

2.2.5.3 Для обладнання СОДУ, які знаходяться на збереженні і не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями період технічного обслуговування  $T_{mo}$ , визначимо по формулі (2.14):

$$T_{mo \text{ макс}2} = t_p - (T_{сер} \ln P_{дон} - t_p) / K_3 = 2 - (91 \ln 0,95 + 2) / 2,5 \cdot 10^3 = 1867 \text{ год.}$$

Обираємо  $T_{mo \text{ макс}2} = 1867$  год. /24 год. = 77,792  $\approx$  78 діб/30 = 2,593  $\approx$  2,5 місяця

Таким чином, періодичність технічного обслуговування засобу СОДУ, що знаходяться на збереженні і не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями складатиме 2,5 місяця.

**Висновок.** Періодичність технічного обслуговування засобу СОДУ суттєво залежить від режиму експлуатації. Для обладнання СОДУ, що постійно використовується по прямому призначенню періодичність техні-



чного обслуговування частіше в порівнянні з засобами що знаходяться на збереженні  $T_{то} \ll T_{то\ макс1}$ ,  $T_{то} \ll T_{то\ макс2}$ .

Серед елементів обладнання СОДУ, що знаходяться на збереженні період технічного обслуговування буде більше для тих, що не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями  $T_{то\ макс2} > T_{то\ макс1}$ .

**Підсумок.** Підвищення надійності обладнання СОДУ здійснюється шляхом постійного статистичного аналізу одиничних та комплексних показників надійності, введенням резервування та організації системи контролю технічного стану і технічного обслуговування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. В.О. Собина, Д.В. Тарадуда, М.М. Пікрасов, Л.В. Боросова, О.В. Закора, А.Б. Фещенко, М.В. Маляров, Д.Л. Соколов, Дослідження проблем функціонування системи зв'язку ДСНС, використання засобів телекомунікацій та інформатизації в системі ДСНС, шляхів їх розвитку із застосуванням сучасних телекомунікаційних та інформаційних технологій, Звіт про НДР: № держреєстрації 0119U001009, Х.: НУЦЗУ, 2020. – 85 с. Режим доступу: <http://ndr.dsns.gov.ua/?p=7135>.
2. Борисова Л. В., Закора О. В., Фещенко А. Б. Розробка імовірнісної моделі елементарного фрагмента відомчої інформаційно-телекомунікаційної мережі. *Problems of Emergency Situations*. 2020. № 1(31) pp. 34-43. Режим доступу: <http://reposit.sc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11291>
3. ПОРЯДОК організації роботи відомчої цифрової телекомунікаційної мережі ДСНС Наказ ДСНС 23.10.2019 № 608.
4. НАКАЗ МВС УКРАЇНИ 08.02.2019 №93 Про затвердження Інструкції щодо практик чи процедур проектування, дослідження, введення в експлуатацію, експлуатації та технічного обслуговування (супроводження) автоматизованих систем централізованого оповіщення.
5. НАКАЗ МВС УКРАЇНИ 20.10.2017 № 870 Про затвердження Положення про автоматизовану інформаційну систему оперативного призначення єдиної інформаційної системи МВС.
6. ДСТУ 2860-94 Надійність техніки. Терміни та визначення
7. Автоматизовані системи управління та телекомунікації, курс лекцій / Укладачі А.Б. Фещенко, Л.В. Борисова, О.В. Закора Х.: НУЦЗУ, 2020. – 1240 с.
8. Сучасні телекомунікаційні мережі у цивільному захисті: Підручник. / Г.В. Щербак, Л.І. Мельникова, І.В. Рубан, К.В. Садовий, Д.В. Сумцов. – Харків, УЦЗУ, 2007. – 261 с
9. Чуб І.А. та ін. Автоматизовані системи управління та зв'язок у цивільному захисті. - Харків: АЦЗУ, 2005.-240 с.
10. Бондаренко В.Г. Технічна експлуатація систем і мереж зв'язку. Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком "Телекомунікації" - К. ДУІКТ, 2002, 700с.

## ДОДАТКИ

### Додаток 1

Таблиця 1.1 – Данні за варіантами для розрахунку параметрів характеристик каналу передачі інформації ВЦТМ

№ Вар.	N <sub>ЗАГтст</sub> [арк.]	N <sub>ЗАГгр</sub> [арк.]	N <sub>СЕРтст</sub> [арк.]	T <sub>СЕРтст</sub> [с]	N <sub>СМВ</sub> [біт]	№ <sub>ШР</sub>	N <sub>ПКС</sub> [1/мм]	N <sub>КОЛ</sub>	L [км]	λ [дБ/м]	P <sub>с</sub> /P <sub>ш</sub> [дБ]
0.	100	50	5	10	64	18	3	4	2	0,005	13
1.	1000	5500	10	5	32	10	2	8	5	0,002	10
2.	1500	5000	15	10	64	12	3	4	4,5	0,003	11
3.	2000	4500	20	15	128	14	4	2	4	0,004	12
4.	2500	4000	25	20	32	10	2	8	3,5	0,005	13
5.	3000	3500	30	25	64	12	3	4	3	0,006	14
6.	3500	3000	35	30	128	14	4	2	2,5	0,007	15
7.	4000	2500	40	35	32	10	2	8	2	0,008	16
8.	4500	2000	45	40	64	12	3	4	1,5	0,009	17
9.	5000	1500	50	45	128	14	4	2	1	0,01	18
10.	5500	1000	55	50	32	10	2	8	0,5	0,015	19
11.	1000	5500	10	5	64	12	3	4	5	0,002	10
12.	1500	5000	15	10	128	14	4	2	4,5	0,003	11
13.	2000	4500	20	15	32	10	2	8	4	0,004	12
14.	2500	4000	25	20	64	12	3	4	3,5	0,005	13
15.	3000	3500	30	25	128	14	4	2	3	0,006	14
16.	3500	3000	35	30	32	10	2	8	2,5	0,007	15
17.	4000	2500	40	35	64	12	3	4	2	0,008	16
18.	4500	2000	45	40	128	14	4	2	1,5	0,009	17
19.	5000	1500	50	45	32	10	2	8	1	0,01	18
20.	5500	1000	55	50	64	12	3	4	0,5	0,015	19
21.	1000	5500	10	5	128	14	4	2	5	0,002	10
22.	1500	5000	15	10	32	10	2	8	4,5	0,003	11
23.	2000	4500	20	15	64	12	3	4	4	0,004	12
24.	2500	4000	25	20	128	14	4	2	3,5	0,005	13
25.	3000	3500	30	25	32	10	2	8	3	0,006	14
26.	3500	3000	35	30	64	12	3	4	2,5	0,007	15
27.	4000	2500	40	35	128	14	4	2	2	0,008	16
28.	4500	2000	45	40	32	10	2	8	1,5	0,009	17
29.	5000	1500	50	45	64	12	3	4	1	0,01	18
30.	5500	1000	55	50	128	14	4	2	0,5	0,015	19
31.	1000	4000	30	10	32	10	3	8	5	0,005	14
32.	1500	3500	35	15	64	12	2	4	4,5	0,006	15
33.	2000	3000	40	20	128	13	4	2	4	0,007	16
34.	2500	2500	45	25	32	14	3	8	3,5	0,008	17
35.	3000	2000	50	30	64	18	2	4	3	0,009	13

**Варіанти завдань для індивідуального розрахунку показників надійності обладнання СОДУ**

Таблиця 2.1

Час, год.	0	6	12	24	48	72	96	120	144	168
№ вар.	Кількість елементів обладнання телекомунікацій, які відмовили до визначеного часу випроб.									
0.	0	4	18	25	40	53	64	68	73	82
1.	0	13	27	39	67	80	88	93	95	96
2.	0	13	25	38	65	79	87	92	95	95
3.	0	12	24	37	64	77	86	91	94	95
4.	0	12	23	36	62	75	85	90	94	95
5.	0	11	22	35	60	74	83	90	94	95
6.	0	11	21	34	56	73	82	88	93	94
7.	0	10	21	33	55	72	81	88	92	94
8.	0	10	20	33	55	70	80	87	91	94
9.	0	10	20	33	54	70	79	85	90	94
10.	0	9	19	32	53	68	78	85	90	93
11.	0	9	18	30	52	67	77	84	89	93
12.	0	9	18	30	51	65	76	83	88	92
13.	0	8	17	30	50	64	75	83	88	91
14.	0	8	17	29	49	63	75	82	87	91
15.	0	8	16	27	47	63	73	80	86	90
16.	0	8	16	26	47	62	72	80	85	89
17.	0	7	16	26	46	61	71	79	85	89
18.	0	7	15	26	45	60	70	78	84	88
19.	0	7	14	26	45	59	69	77	83	87
20.	0	7	14	25	44	58	69	76	82	86
21.	0	7	14	25	43	57	67	75	82	86
22.	0	7	14	25	42	56	67	75	81	86
23.	0	6	13	23	41	55	64	74	80	85
24.	0	6	13	21	40	55	64	73	79	84
25.	0	6	12	16	40	53	64	73	78	83
26.	0	5	11	17	46	51	61	69	75	79
27.	0	5	12	18	45	50	60	68	74	78
28.	0	5	12	19	45	59	69	72	73	77
29.	0	5	13	20	44	58	69	71	72	76
30.	0	5	14	21	43	57	67	69	72	76
31.	0	4	15	22	42	56	67	69	71	75
32.	0	4	19	26	39	52	64	68	74	80
33.	0	4	16	23	41	55	64	66	70	75

Таблиця 2.2

№ партій	1 партія засобів, які відмовили до 6 год.	2 партія засобів, які відмовили до 12 год.	3 партія засобів, які відмовили до 24 год.	4 партія засобів, які відмовили до 48 год.	5 партія засобів, які відмовили до 72 год.	6 партія засобів, які відмовили до 96 год.	7 партія засобів, які відмовили до 120 год.	8 партія засобів, які відмовили до 144 год.	9 партія засобів, які відмовили до 168 год.
№ Вар.	Середній час відновлення обладнання телекомунікацій в окремих партіях (хв.)								
0.	26	35	33	27	29	30	26	28	32
1.	42	35	33	30	32	28	26	25	30
2.	30	42	35	33	30	32	28	26	25
3.	25	30	42	35	33	30	32	28	26
4.	26	25	30	42	35	33	30	32	28
5.	28	26	25	30	42	35	39	30	32
6.	32	28	26	25	30	42	35	37	30
7.	30	32	28	26	25	30	42	35	41
8.	33	30	32	28	26	25	30	42	35
9.	35	33	30	32	28	26	25	30	42
10.	42	35	33	30	32	28	26	25	30
11.	30	42	35	33	30	32	28	26	25
12.	25	30	42	35	33	30	32	28	26
13.	26	25	30	42	35	33	30	32	28
14.	28	26	25	30	42	35	33	30	32
15.	32	28	26	25	30	42	35	33	30
16.	30	32	28	26	25	30	42	35	33
17.	33	30	32	28	26	25	30	42	35
18.	35	33	30	32	28	26	25	30	42
19.	42	35	33	30	32	28	26	25	30
20.	30	42	35	33	30	32	28	26	25
21.	25	30	42	35	33	30	32	28	26
22.	26	25	30	42	35	33	30	32	28
23.	28	26	25	30	42	35	33	30	32
24.	32	28	26	25	30	42	35	33	30
25.	30	32	28	26	25	32	28	26	25
26.	33	30	32	28	26	30	32	28	26
27.	35	33	30	32	28	33	30	32	28
28.	42	35	33	30	32	35	33	30	32
29.	30	42	35	33	30	42	35	33	30
30.	25	30	42	35	33	30	42	35	33
31.	26	25	30	42	35	25	30	42	35
32.	28	26	25	30	42	26	25	30	42
33.	32	28	26	25	30	28	26	25	30
34.	30	32	28	26	25	32	28	26	25
35.	35	33	30	32	28	26	25	30	42

Таблиця 2.3

№ вар.	K*, K* <sub>ог</sub>		T <sub>к.опт</sub>			T <sub>то</sub> , K <sub>п.мін</sub>	T <sub>то макс</sub>			
	t (год.)	λ <sub>по</sub> γ (% від λ)	T* <sub>в</sub> μ (% від T <sub>в</sub> )	τ <sub>к</sub> (год.)	λ <sub>к</sub> α(λ <sub>к</sub> /λ)	T <sub>вк</sub> β(T <sub>вк</sub> /T <sub>в</sub> )	T <sub>пр</sub> (год.)	t <sub>р</sub> (год.)	K <sub>зх</sub> 10 <sup>3</sup>	P <sub>доп</sub>
0.	4	30	30	1	10	1,5	5	2	2,5	0,95
1.	4	25	55	0,15	20	2,0	1	2	2,0	0,97
2.	5	30	50	0,20	19	1,9	1,5	2,5	2	0,96
3.	6	35	45	0,25	18	1,8	2	3	2,5	0,95
4.	7	40	40	0,30	17	1,7	2,5	3,5	3	0,94
5.	8	45	35	0,35	16	1,6	3	4	3,5	0,93
6.	9	50	30	0,40	15	1,5	3,5	2	4	0,92
7.	10	55	25	0,45	14	1,4	4	2,5	2	0,91
8.	11	25	55	0,50	13	1,3	4,5	3	2,5	0,9
9.	12	30	50	0,55	12	1,2	5	3,5	3	0,97
10.	4	35	45	1,0	11	1,1	5,5	4	3,5	0,96
11.	5	40	40	1,2	10	1,0	6	2	4	0,95
12.	6	45	35	1,5	9	0,9	6,5	2,5	0,9	0,94
13.	7	50	30	1,7	20	2,0	7	3	2,0	0,93
14.	8	55	25	1,9	19	1,9	1,5	3,5	1,9	0,92
15.	9	25	55	2,0	18	1,8	2	4	1,8	0,91
16.	10	30	50	0,15	17	1,7	2,5	2	1,7	0,9
17.	11	35	45	0,20	16	1,6	3	2,5	1,6	0,97
18.	12	40	40	0,25	15	1,5	3,5	3	1,5	0,96
19.	4	45	35	0,30	14	1,4	4	3,5	1,4	0,95
20.	5	50	30	0,35	13	1,3	4,5	4	1,3	0,94
21.	6	55	25	0,40	12	1,2	5	2	1,2	0,93
22.	7	25	55	0,45	11	1,1	5,5	2,5	1,1	0,92
23.	8	30	50	0,50	10	1,0	6	3	1,0	0,91
24.	9	35	45	0,55	9	0,9	6,5	3,5	0,9	0,9
25.	10	40	40	1,0	20	2,0	7	4	2,0	0,95
26.	11	55	35	1,2	18	1,9	2	2	2	0,94
27.	12	50	30	1,5	17	1,8	2,5	2,5	2,5	0,93
28.	11	45	25	1,7	16	1,7	3	3	3	0,92
29.	10	40	55	1,9	15	1,6	3,5	3,5	3,5	0,91
30.	9	35	50	2,0	14	1,5	4	4	4	0,9
31.	8	30	45	0,15	13	1,4	4,5	2	2	0,97
32.	7	25	40	0,20	12	1,3	5	2,5	2,5	0,96
33.	6	40	35	0,25	11	1,2	5,5	3	3	0,95
34.	5	45	30	0,30	10	1,1	6	3,5	3,5	0,94
35.	4	50	25	0,35	9	1,0	6,5	4	4	0,93

Таблиця 2.4

№ вар.	№ схеми	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
0.	0	0,85	0,87	0,95	0,9	0,92
1.	1	0,85	0,87	0,9	0,92	0,95
2.	2	0,87	0,9	0,92	0,95	0,85
3.	3	0,9	0,92	0,95	0,85	0,87
4.	4	0,92	0,95	0,85	0,87	0,9
5.	5	0,95	0,85	0,87	0,9	0,92
6.	1	0,95	0,92	0,9	0,87	0,85
7.	2	0,85	0,95	0,92	0,9	0,87
8.	3	0,87	0,85	0,95	0,92	0,9
9.	4	0,9	0,87	0,85	0,95	0,92
10.	5	0,92	0,9	0,87	0,85	0,95
11.	1	0,9	0,85	0,95	0,92	0,9
12.	2	0,92	0,87	0,85	0,95	0,87
13.	3	0,95	0,9	0,87	0,85	0,9
14.	4	0,85	0,92	0,9	0,87	0,92
15.	5	0,87	0,95	0,92	0,9	0,95
16.	1	0,9	0,95	0,85	0,87	0,85
17.	2	0,92	0,85	0,87	0,9	0,87
18.	3	0,95	0,87	0,9	0,92	0,9
19.	4	0,85	0,9	0,92	0,95	0,92
20.	5	0,87	0,92	0,95	0,85	0,95
21.	1	0,95	0,85	0,87	0,92	0,85
22.	2	0,85	0,87	0,9	0,95	0,92
23.	3	0,87	0,9	0,92	0,85	0,95
24.	4	0,9	0,92	0,95	0,87	0,85
25.	5	0,92	0,95	0,85	0,95	0,87
26.	1	0,92	0,95	0,85	0,95	0,85
27.	2	0,95	0,85	0,87	0,85	0,87
28.	3	0,95	0,92	0,9	0,87	0,9
29.	4	0,85	0,95	0,92	0,9	0,92
30.	5	0,87	0,85	0,95	0,87	0,85
31.	1	0,9	0,87	0,85	0,9	0,87
32.	2	0,92	0,9	0,87	0,92	0,9
33.	3	0,9	0,85	0,95	0,95	0,92
34.	4	0,92	0,87	0,85	0,85	0,95
35.	5	0,95	0,9	0,87	0,92	0,9

Схема 1

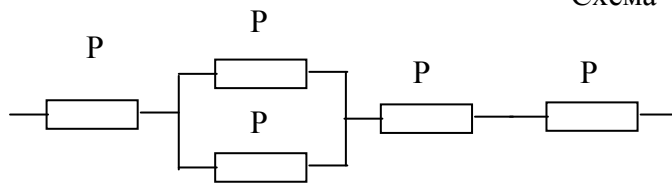


Схема 2

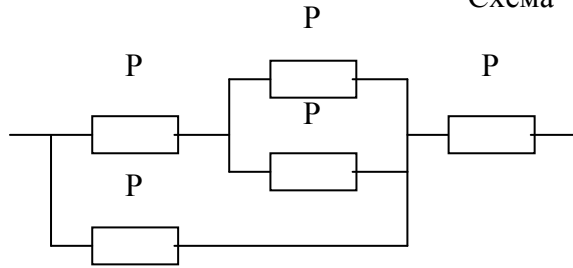


Схема 3

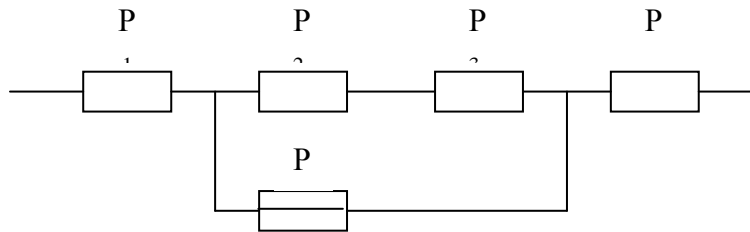


Схема 4

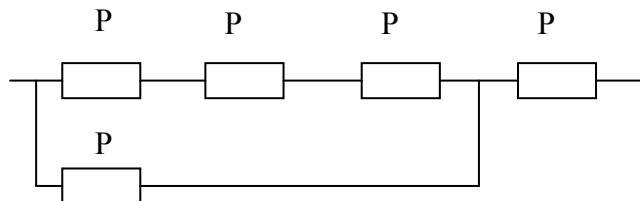


Схема 5

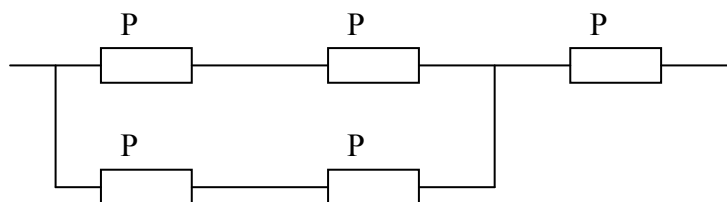


Рис. Д 2.1 – Варіанти схем резервування обладнанняСОДУ



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Кафедра « Організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних  
робіт»

КУРСОВА РОБОТА

з дисципліни

«АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ТЕЛЕКОМУНІКА-  
ЦІЇ»

на тему: ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ ІНФОР-  
МАЦІЇ ВІДОМЧОЇ ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ЕКСПЛУА-  
ТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ  
ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ОРС ЦЗ  
ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ

Виконана здобувачем вищої освіти

\_\_\_\_\_

Начальна гру-  
па \_\_\_\_\_

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Кількість балів \_\_\_\_\_

Оцінка за національною  
шкалою \_\_\_\_\_

Оцінка ECTS \_\_\_\_\_

Перевірив  
канд. техн. наук доцент

\_\_\_\_\_

(підпис)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Харків, 20\_\_

## БЛАНК

виконання курсової роботи  
З дисципліни: Автоматизовані системи управління та телекомунікації

Навчальна група \_\_\_\_\_  
Прізвище, ініціали \_\_\_\_\_

І. ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КАНАЛУ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ВІДОМ-  
ЧОЇ ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ ДСНС УКРАЇНИ ДЛЯ ЗА-  
БЕЗПЕЧЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ГАРНІЗОНУ  
ДСНС УКРАЇНИ

Таблиця 1.1\* Вхідні дані до розрахунку (Додаток 1, таблиця1)

№ Вар.	$N_{ЗАГ\text{тст}}$ [арк.]	$N_{ЗАГ\text{гр}}$ [арк.]	$N_{СЕР\text{тст}}$ [арк.]	$T_{СЕР\text{тст}}$ [с]	$N_{СМВ}$ [СМВ]	$N_{\text{ШР}}$	$N_{\text{ПКС}}$ [1/ММ]	$N_{\text{КОЛ}}$	L [км]	$\lambda$ [дБ/м]	$P_c/P_{\text{ШПР}}$ [дБ]

**1.3.1. Оцінка кількості інформації при передачі текстів.**

1.3.1.1. Обчислення ентропії текстового повідомлення за формулою (1.2):

Якщо  $N_{СМВ} = \_$ , то  $H_{\text{тст}} = \log_2 N_{СМВ} = \log_2 \_ = \log_2 \_ = \_ \cdot \log_2 \_ = \_ \cdot \_ = \_$  (біт).

1.3.1.2. Обчислення кількості текстової інформації на одному аркуші за формулою (1.3):

$$N_{\text{№ШРЗН/А}} = (18 / N_{\text{ШР}})^2 \cdot N_{183\text{Н/А}} = (18 / N_{\text{ШР}})^2 \cdot 1995 = \_$$

$I_{\text{Атст}} = H_{\text{тст}} \cdot N_{\text{№ШРЗН/А}} = \_ \cdot \_ = \_$  (біт) =  $\_ \text{ біт}$ . (1 Кбіт = 1024 біт).

1.3.1.3. Обчислення загальної кількості текстової інформації протягом доби за формулою (1.4):

Якщо  $N_{ЗАГ\text{тст}} = \_$ , то  $I_{ЗАГ\text{тст}} = I_{\text{Атст}} \cdot N_{ЗАГ\text{тст}} = \_ \cdot \_ = \_$  (біт) =  $\_ \text{ Кбіт}$ .

1.3.1.4. Обчислення швидкості передачі інформації за формулою (1.5):

$$I_{\text{СЕРТСТ}} = I_{\text{АТСТ}} \cdot N_{\text{СЕРТСТ}} = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____} (\text{біт}) = \text{_____} \text{ Кбіт} - \text{середня}$$

кількість інформації при однократній передачі.

При однократній передачі текстової інформації на  $N_{\text{СЕРТСТ}} = \text{_____}$  аркушах за  $T_{\text{СЕРТСТ}} = \text{_____}$  с, швидкість передачі інформації складає

$$C_I = I_{\text{СЕРТСТ}} / N_{\text{СЕРТСТ}} = \text{_____} / \text{_____} = \text{_____} \text{ Кбіт/с.}$$

### **1.3.2. Оцінка кількості графічної інформації**

1.3.2.1. Обчислення ентропії графічного повідомлення за формулою (1.6):

Якщо кількість градацій чорно-білого кольору  $N_{\text{КОЛ}} = \text{_____}$ ,

то  $H_{\text{ГР}} = \log_2 \cdot N_{\text{КОЛ}} = \log_2 \text{_____} = \log_2 \text{_____} = \text{_____} \log_2 \text{_____} = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____} (\text{біт}).$

1.3.2.2. Обчислення кількості пікселів на одному аркуші за формулою (1.7):

$S_A$  = робоча площа аркуша у мм<sup>2</sup>,  $N_{\text{ПКС}}$  = щільність пікселів.

Якщо  $S_A = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____}$  мм<sup>2</sup>,  $N_{\text{ПКС}} = \text{_____}$ ,

$$N_{\text{ПКС/А}} = S_A \cdot (N_{\text{ПКС}})^2 = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____} \text{ ПКС.}$$

1.3.2.3. Обчислення кількості графічної інформації на одному аркуші здійснюється за формулою (1.8):

$$I_{\text{АГР}} = N_{\text{ПКС/А}} \cdot H_{\text{ГР}} = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____} (\text{біт}) = \text{_____} \text{ Кбіт,}$$

що значно перевищує кількість текстової інформації на одному аркуші.

1.3.2.4. Обчислення загальної кількості графічної інформації протягом доби здійснюється за формулою (1.9):

$$\text{Якщо } N_{\text{ЗАГР}} = \text{_____}, \text{ то } I_{\text{ЗАГР}} = I_{\text{АГР}} \cdot N_{\text{ЗАГР}} = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____} \text{ Кбіт.}$$

### **1.3.3 Оцінка загальної кількості інформації протягом доби**

1.3.3.1. Обчислення загальної кількості інформації протягом доби за формулою (1.10)

$$I_{\text{ЗАГ}} = I_{\text{ЗАГтст}} + I_{\text{ЗАГгр}} = \text{_____} + \text{_____} = \text{_____} \text{ Кбіт.}$$

1.3.3.2. Розрахунок загального часу для передачі інформації протягом доби за формулою (1.11)

$$T_{\text{ЗАГ}} = I_{\text{ЗАГ}} / C_I = \text{_____} / (\text{_____} \cdot \text{_____}) = \text{_____} \text{ год.}$$

1.3.3.3. Обчислення потрібної кількості каналів для передачі інформації протягом доби здійснюється за формулою (1.12):

$$N_{\text{КАН}} = T_{\text{ЗАГ}} / 24 \text{ год} = \text{_____} / 24 = \text{_____}.$$

Тобто, достатньо \_\_\_\_\_ каналу (ів) передачі інформації.

### **1.3.4. Оцінка потрібної пропускної здатності каналу передачі інформації в умовах послаблення сигналу в кабельній лінії**

1.3.4.1. Пропускна здатність каналу передачі інформації оцінимо за формулою (1.13). С початку визначимо ширину смуги спектру інформаційного сигналу  $\Delta f_c$  та відношення  $P_c/P_{\text{ш}}$

Визначаємо  $\Delta f_c$  – ширину смуги спектру інформаційного сигналу, за формулою (1.14):

$$\Delta f_c = C_I = \text{_____} \text{ Кбіт/с} = \text{_____} \text{ біт/с} = \text{_____} \text{ Гц.}$$

Відношення  $P_c/P_{\text{ш}}$  повинно враховуватися на передавальному боці каналу телекомунікацій  $(P_c/P_{\text{ш}})_{\text{ПЕР}}$  в одиницях та оцінюється за формулою (1.15):

$$\text{Потрібне значення } (P_c/P_{\text{ш}}) \text{ [дБ]} = 10 \cdot \lg(P_c/P_{\text{ш}}) = \text{_____} \text{ дБ,}$$

$$\text{тобто } (P_c/P_{\text{ш}})_{\text{ПЕР}} = 10^{\frac{(P_c/P_{\text{ш}})_{\text{ПЕР}} \text{ [дБ]}}{10 \text{ [дБ]}}} = 10^{\frac{\text{[дБ]}}{10 \text{ [дБ]}}} = \text{_____} \text{ раз,}$$

При  $\lambda = \text{_____}$  дБ/м, та довжині кабельної лінії  $L = \text{_____}$  км = \_\_\_\_\_ м з формули 1.15, отримаємо:

$$(P_c/P_{\text{ш}})_{\text{ПЕР}} = (P_c/P_{\text{ш}})_{\text{ПЕР}} \cdot e^{\lambda L} = 20 \cdot e^{-\text{_____} \cdot 0,115 \cdot \text{_____}} = 20 e^{-\text{_____}} = \text{_____} \cdot \text{_____} = \text{_____} \text{ раз.}$$

Отримані значення  $\Delta \Delta f_c$  та  $(P_c/P_{ш})$  вставимо у формулу (1.13), отримаємо:

$$C_K = \Delta f_c \log_2(1 + P_c/P_{ш}) = \_ \cdot \log_2(1 + \_) = \_ \cdot \log_2 \_ = \_ \cdot \_ = \_ \text{ біт/с.}$$

### 1.3.5. Оцінка потрібної надлишковості інформації в умовах послаблення сигналу в кабельній лінії

1.3.5.1. Розрахуємо відносну надлишковість інформації за формулою (1.19):

$$I_H/I_{КОР} = (C_K - C_I)C_I = (\_ - \_) / \_ = \_ \text{ рази.}$$

**Висновок.** Для нашого прикладу надлишковість інформації перевищує кількість корисної інформації у 5,2 рази.

### 1.3.6 Складання звіту про виконання завдання

1.3.6.1. Заповнити відповіді на пункти задач 1.3.1-1.3.5 по варіантах до Табл. 1.2\*.

Табл. 1.2\* Вихідні результати ??? розрахунку

п.	1.3.1.1.	1.3.1.2.	1.3.1.3.	1.3.1.4.	1.3.2.1.	1.3.2.2.	1.3.2.3.	1.3.2.4.
	$N_{тст}$ біт	$I_{Атст}$ кбіт	$I_{ЗАГтст}$ кбіт	$C_I$ кбіт/с	$N_{гр}$ біт	$N_{ПКС/А}$ ПКС	$I_{Агр}$ кбіт	$I_{ЗАГгр}$ кбіт
п.	1.3.3.1.	1.3.3.2.	1.3.3.3.	1.3.4.1.			1.3.5.1	
	$I_{ЗАГ}$ кбіт	$T_{ЗАГ}$ год.	$N_{КАН}$ од.	$\Delta f_c$ Гц	$(P_c/P_{ш})_{пр}$ разів	$(P_c/P_{ш})_{пер}$ разів	$C_K$ біт/с	$I_H/I_{КОР}$ разів

## II. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ГАРНІЗОНУ ДСНС УКРАЇНИ

### 2.2.1. Розрахунок одиничних показників надійності обладнання СОДУ

Вхідні дані включаємо у таблицю 2.1\*,

Час (год.)	0	6	12	24	48	72	96	120	144	168
№ вар.	Кількість елементів обладнання СОДУ, які відмовили до визначеного часу випробування									
$n(t_i)$										
$n^*(t_i)$										

2.2.1.1. Розраховуємо імовірність безвідмовної роботи за формулою (2.1):

$$\begin{aligned}
 P(t=0) &= \frac{100 - n(0)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = 1 \\
 P(t=6) &= \frac{100 - n(6)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad} \\
 P(t=12) &= \frac{100 - n(12)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad} \\
 P(t=24) &= \frac{100 - n(24)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad} \\
 P(t=48) &= \frac{100 - n(48)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad} \\
 P(t=72) &= \frac{100 - n(72)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad} \\
 P(t=96) &= \frac{100 - n(96)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad} \\
 P(t=120) &= \frac{100 - n(120)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad} \\
 P(t=144) &= \frac{100 - n(144)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad} \\
 P(t=168) &= \frac{100 - n(168)}{100} = \frac{100 - \underline{\quad}}{100} = \frac{\underline{\quad}}{100} = \underline{\quad}
 \end{aligned}$$

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.2\*.

Перевіримо  $P(t_i)$  на відповідність експонентному закону безвідмовної роботи формула (2.2)

2.2.1.2. 1-й спосіб. За даними таблиці 2.1\* оцінюємо значення  $T_{\text{сер1}}$ . середнього часу роботи засобу СОДУ до відмови по формулі (2.3)

Обробляємо вхідні дані та знаходимо значення  $n^*(t_i) = n(t_i) - n(t_{i-1})$ , які вносимо до таблиці 2.1\*

Обчислимо  $T_{\text{сер1}}$ :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{сер1}} &= \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot n^*(t_i)}{n(t_m)} = \frac{6 \cdot \underline{\quad} + 12 \cdot \underline{\quad} + 24 \cdot \underline{\quad} + 48 \cdot \underline{\quad} + 72 \cdot \underline{\quad}}{82} \\
 &+ \frac{96 \cdot \underline{\quad} + 120 \cdot \underline{\quad} + 144 \cdot \underline{\quad} + 168 \cdot \underline{\quad}}{82} =
 \end{aligned}$$

$$= \frac{\text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---} + \text{---}}{82} = \text{---} \text{ год.}$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{T_{\text{сер1}}} = \frac{1}{\text{---}} = \text{---} \approx \text{---} \text{ 1/год.}$$

Розраховуємо імовірність безвідмовної роботи  $P_1(t_i)$  за формулою (2.2) при  $\lambda = \lambda_1$ :

$$\begin{aligned} P_1(t = 0) &= e^{-\text{---} \cdot 0} = \text{---} \\ P_1(t = 6) &= e^{-\text{---} \cdot 6} = \text{---} \\ P_1(t = 12) &= e^{-\text{---} \cdot 12} = \text{---} \\ P_1(t = 24) &= e^{-\text{---} \cdot 24} = \text{---} \\ P_1(t = 48) &= e^{-\text{---} \cdot 48} = \text{---} \\ P_1(t = 72) &= e^{-\text{---} \cdot 72} = \text{---} \\ P_1(t = 96) &= e^{-\text{---} \cdot 96} = \text{---} \\ P_1(t = 120) &= e^{-\text{---} \cdot 120} = \text{---} \\ P_1(t = 144) &= e^{-\text{---} \cdot 144} = \text{---} \\ P_1(t = 168) &= e^{-\text{---} \cdot 168} = \text{---} \end{aligned}$$

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.2\*.

2.2.1.3. 2-й спосіб. З таблиці 2.2\*. В припущенні що  $P(t)$  підкоряється експонентному закону, при  $t = T_{\text{сер2}}$ , як відомо  $P(t) = e^{-1} \approx 0,367$ . Для даного випадку  $t = T_{\text{сер2}} \approx 96$  год.

$$\text{Далі визначається } \lambda_2 = \frac{1}{T_{\text{сер2}}} = \frac{1}{\text{---}} = \text{---} \text{ 1/год.}$$

Розраховуємо імовірність безвідмовної роботи  $P_2(t_i)$  за формулою (2.2) при  $\lambda = \lambda_2$

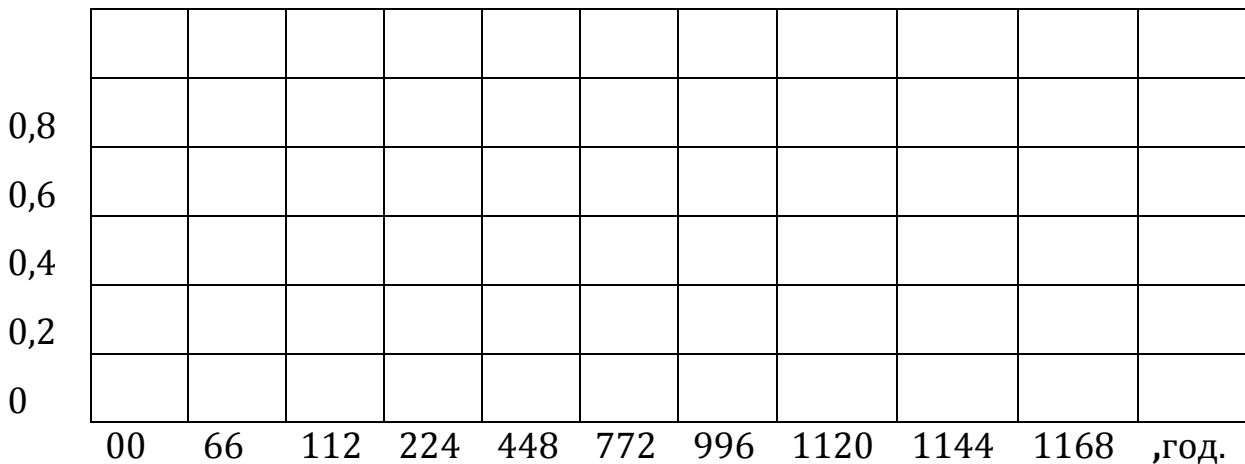
$$\begin{aligned} P_1(t = 0) &= e^{-\text{---} \cdot 0} = \text{---} \\ P_1(t = 6) &= e^{-\text{---} \cdot 6} = \text{---} \\ P_1(t = 12) &= e^{-\text{---} \cdot 12} = \text{---} \\ P_1(t = 24) &= e^{-\text{---} \cdot 24} = \text{---} \\ P_1(t = 48) &= e^{-\text{---} \cdot 48} = \text{---} \\ P_1(t = 72) &= e^{-\text{---} \cdot 72} = \text{---} \\ P_1(t = 96) &= e^{-\text{---} \cdot 96} = \text{---} \\ P_1(t = 120) &= e^{-\text{---} \cdot 120} = \text{---} \\ P_1(t = 144) &= e^{-\text{---} \cdot 144} = \text{---} \\ P_1(t = 168) &= e^{-\text{---} \cdot 168} = \text{---} \end{aligned}$$

Результати розрахунків включаємо у таблицю 2.2\*.

Таблиця 2.2\*.

Час (год.)	0	6	12	24	48	72	96	120	144	168
$P(t_i)$	1	0,96	0,82	0,75	0,6	0,47	<b>0,36</b>	0,32	0,27	0,18
$P_1(t_i)$	1	0,918	0,843	0,711	0,506	0,36	0,256	0,182	0,129	0,092
$P_2(t_i)$	1	0,94	0,883	0,779	0,607	0,473	0,368	0,287	0,224	0,174

2.2.1.4. Будуємо графіки імовірність безвідмовної роботи засобу СОДУ  $P_1(t_i)$ ,  $P_2(t_i)$  і порівнюємо їх з графіком  $P(t_i)$  ручним способом або автоматичним, наприклад, за допомогою програми EXCEL

Рис. 2.1 – Графіки імовірності безвідмовної роботи  $P(t_i)$ ,  $P_1(t_i)$ ,  $P_2(t_i)$ 

**Підсумок.** З порівняльного аналізу аналітичних графіків  $P_1(t_i)$ ,  $P_2(t_i)$  слідує, що вони досить точно відображують статистичну імовірність безвідмовної роботи засобу СОДУ  $P(t_i)$  при обранні  $\lambda_3 = \underline{\hspace{1cm}}$  1/год., що відповідає середньому часу наробітку до відмови засобу СОДУ :

$$T_{\text{сер3}} = \frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{\underline{\hspace{1cm}}} = \underline{\hspace{1cm}} \approx \underline{\hspace{1cm}} \text{ год.}$$

### 2.2.2. Оцінка комплексних показників надійності обладнання СОДУ

Вхідні дані включаємо у таблицю 2.2\*

№ партій	1 партія засобів, які відмовили до 6 год.	2 партія засобів, які відмовили до 12 год.	3 партія засобів, які відмовили до 24 год.	4 партія засобів, які відмовили до 48 год.	5 партія засобів, які відмовили до 72 год.	6 партія засобів, які відмовили до 96 год.	7 партія засобів, які відмовили до 120 год.	8 партія засобів, які відмовили до 144 год.	9 партія засобів, які відмовили до 168 год.
№ вар.	Середній час відновлення обладнання СОДУ в окремих партіях (хв.)								



2.2.2.1 Обчислимо значення середнього часу відновлення обладнання СОДУ, що відмовили,  $T_B$  визначається по формулі (2.4):

$$T_B = \frac{\sum_{i=1}^m t_{Bi} \cdot n^*(t_i)}{n(t_m)} = \frac{\dots + \dots + \dots + \dots + \dots + \dots + \dots + \dots + \dots + \dots}{\dots} = \dots \approx \dots \text{ год.}$$

2.2.2.2 Обчислимо значення середнього часу відновлення обладнання СОДУ, що відмовили,  $T_B$  визначається по формулі (2.4):

Таблиця 2.3\*

№, вар.	$K_{ог}$	$K_{г}^*, K_{ог}^*$	
	$t, (\text{ГОД.})$	$\lambda_{поу} (\% \text{ Від } \lambda)$	$T_{в\mu}^* (\% \text{ Від } T_B)$
1.	4	30	30

а) При відсутності автоматичного пошуку відмов:

$$K_{г} = \frac{T_{сер}}{T_{сер} + T_B} = \frac{\dots}{\dots + \dots} = \dots$$

$$P(t = \dots) = e^{-\lambda_3 t} = e^{-\dots \cdot \dots} = \dots$$

$$K_{ог} = K_{г} \cdot P(t) = \dots \cdot \dots = \dots$$

б) При наявності автоматичного пошуку відмов:

$$\lambda_3 = \lambda_{по} + \lambda_{вн}, \text{ при } \lambda_{по} = \frac{\gamma}{100} \cdot \lambda_3$$

$$\lambda_{вн} = \lambda_3 - \lambda_{по} = \left(1 - \frac{\gamma}{100}\right) \cdot \lambda_3 = \left(1 - \frac{\dots}{100}\right) \cdot \dots = \dots \cdot \dots = \dots \text{ 1/год.}$$

$$T_{сер}^* = \frac{1}{\lambda_{вн}} = \frac{1}{\dots} = \dots \approx \dots \text{ год.}$$

$$T_B^* = \frac{\mu}{100} \cdot T_B = \frac{\dots}{100} \cdot \dots = \dots \text{ год.}$$

$$K_{г}^* = \frac{T_{сер}^*}{T_{сер}^* + T_B} = \frac{\dots}{\dots + \dots} = \dots$$

$$P^*(t = \dots) = e^{-\lambda_{вн} t} = e^{-\dots \cdot \dots} = \dots$$

$$K_{ог}^* = K_{г}^* \cdot P(t) = \underline{\hspace{2cm}} \cdot \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

**Висновок.** При наявності автоматичного пошуку відмов вдається суттєво підвищити коефіцієнт готовності  $K_{г}^* > K_{г}$  і коефіцієнт оперативної готовності  $K_{ог}^* > K_{ог}$  засобу СОДУ.

### 2.2.3. Оцінка безвідмовності обладнання СОДУ при наявності резервування

Обираємо схему засобу СОДУ з Додатку 2 (таблиця 2.4)

Таблиця 2.4\*

№ вар.	№ схеми	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
0	0	0,85	0,87	0,95	0,9	0,92

**Рис. 2.2 – Схема резервування засобу СОДУ**

2.2.3.1 Розрахунок надійності засобу СОДУ при відсутності резервування

2.2.3.2 Розрахунок надійності засобу СОДУ при наявності резервування

2.2.3.3 Проведемо порівняння:  $P_p = \underline{\hspace{2cm}} > P = \underline{\hspace{2cm}}$

**Висновок.** За рахунок введення резервування елементів вдається значно підвищити надійність засобу СОДУ.

### 2.2.4. Оцінка ефективності контролю технічного стану обладнання СОДУ

Вхідні дані з Додатку 2 (таблиця 2.3) включаємо у таблицю 2.5\*.

Таблиця 2.5\*

№ вар.	$T_{к.опт.}$		
	$\tau_k(\text{ГОД.})$	$\lambda_{по}, \alpha = (\lambda_k/\lambda)$	$T_{вк}, \beta = (T_{вк}/T_{в})$
1.	2	10	1,5

2.2.4.1 Розраховуємо оптимальний період проведення  $T_{к.опт.р.}$  для контролю в ручному режимі по формулі (2.9):

$$T_{к.опт.р.} = \sqrt{\tau_k^2 + \frac{2\tau_k}{\lambda} [1 + T_{вк}(\lambda_k - \lambda)]} = \sqrt{\tau_k^2 + \frac{2\tau_k}{\lambda} + \beta T_{вк}(\alpha - 1)} =$$

$$= \sqrt{\tau_k^2 + \frac{2 \cdot \tau_k}{\lambda} + \beta T_{вк} \cdot (\alpha - 1)} = \dots \approx \dots$$

Обираємо  $T_{к.опт.р.} = \dots \text{ год.} / 24 \text{ год.} = \dots \approx \dots$  доба, тобто контроль технічного стану обладнання СОДУ в ручному режимі потрібно робити  $\dots$ .

2.2.4.2 Розраховуємо оптимальний період проведення  $T_{к.опт.а.}$  для контролю в автоматичному режимі по формулі (2.10):

$$T_{к.опт.а.} = \sqrt{\tau_k^2 + 2T_{вк}\tau_k \left(\frac{\lambda_k}{\lambda} - 1\right)} =$$

$$\sqrt{\tau_k^2 + 2 \cdot \beta T_{вк} \tau_k (\alpha - 1)} = \sqrt{2^2 + 2 \cdot \dots \cdot \dots \cdot \dots (\dots - 1)} = \dots$$

Обираємо  $T_{к.опт.а.} = \dots \text{ год.} / 24 \text{ год.} = \dots \text{ діб} \approx \dots$  доби, таким чином контроль технічного стану обладнання СОДУ в автоматичному режимі достатньо робити 1 раз за  $\dots$  доби, інакше кажучи через  $\dots$ .

2.2.4.3 Розраховуємо співвідношення  $T_{к.опт.а.} / T_{к.опт.р.} = \dots \text{ год.} / \dots \text{ год.} = \dots \approx \dots$  разів.

**Висновок.** За рахунок втілення автоматичного контролю технічного стану обладнання СОДУ вдається збільшити оптимальний період проведення контролю приблизно в  $\dots$  разів, тобто в стільки ж разів зменшити періодичність контролю.

## 2.2.5. Оцінка ефективності технічного обслуговування обладнання СОДУ

Вхідні дані з Додатку 2 (таблиця 2.3) включаємо у таблицю 2.6\*.

Таблиця 2.6\*

№ вар.	$T_{\text{ТО}}, K_{\text{ГП.мін.}}$	$T_{\text{ТО макс.}}$		
	$T_{\text{пр}}, \text{год.}$	$t_p, \text{год.}$	$K_3 \cdot 10^3$	$P_{\text{доп}}$
0.	5	2	2,5	0,95

2.2.5.1. Для засобу СОДУ , що постійно використовується по прямому призначенню період технічного обслуговування  $T_{\text{ТО}}$  визначимо по формулі (2.12).

За даними таблиці 2.3\* інтенсивність прогнозованих відмов складатиме  $\gamma\%$  від експлуатаційної тобто:

$$\lambda_{\text{по}} = \frac{\gamma}{100} \cdot \lambda_3 = \frac{\quad}{100} \cdot \quad = \quad 1/\text{год.}$$

$$T_{\text{ТО}} = \sqrt{2T_{\text{пр}}/\lambda_{\text{по}}} = \sqrt{\quad \cdot \quad / \quad} = \quad \approx \quad \text{год.}$$

Обираємо  $T_{\text{ТО}} = \quad \text{год.} / 24 \text{ год.} = \quad \approx \quad \text{доби.}$

Таким чином, періодичність технічного обслуговування засобу СОДУ , що постійно використовується по прямому призначенню складатиме  $\quad$  доби.

2.2.5.2. Для обладнання СОДУ , що знаходяться на збереженні або періодично використовуються по прямому призначенню період технічного обслуговування  $T_{\text{ТО}}$  визначимо по формулі (2.13):

$$T_{\text{ТО макс1}} = t_p - (T_{\text{сер}} \ln P_{\text{доп}} - t_p) / K_3 = \quad - (\quad \ln \quad + \quad) / \quad \cdot 10^{-3} = \quad \text{год.}$$

Обираємо  $T_{\text{ТО макс1}} = \quad \text{год.} / 24 \text{ год.} = \quad \approx \quad \text{діб} / 30 = \quad \text{місяця}$

Таким чином періодичність технічного обслуговування засобу СОДУ , що знаходяться на збереженні або періодично використовуються по прямому призначенню складатиме  $\quad$  місяця

2.2.5.3. Для обладнання СОДУ , які знаходяться на збереженні і не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями період технічного обслуговування  $T_{\text{ТО}}$  визначимо по формулі (2.14):

$$T_{\text{ТО макс2}} = t_p - (T_{\text{сер}} \ln P_{\text{доп}} - t_p) / K_3 = \quad - (\quad \ln \quad + \quad) / \quad \cdot 10^3 = \quad \text{год.}$$

Обираємо  $T_{\text{ТО макс2}} = \quad \text{год.} / 24 \text{ год.} = \quad \approx \quad \text{діб} / 30 \quad \approx \quad \text{місяця}$

Таким чином періодичність технічного обслуговування засобу СОДУ, що знаходяться на збереженні і не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями складатиме \_\_\_ місяця.

**Висновок.** Періодичність технічного обслуговування засобу СОДУ суттєво залежить від режиму експлуатації. Для обладнання СОДУ що постійно використовується по прямому призначенню періодичність технічного обслуговування частіше в порівнянні з засобами що знаходяться на збереженні  $T_{\text{то}} \ll T_{\text{то макс1}}$ ,  $T_{\text{то}} \ll T_{\text{то макс2}}$ .

Серед обладнання СОДУ, що знаходяться на збереженні період технічного обслуговування буде більше для тих, що не використовуються по прямому призначенню між профілактичними обслуговуваннями  $T_{\text{то макс2}} > T_{\text{то макс1}}$ .

**Підсумок.** Підвищення надійності обладнання СОДУ здійснюється шляхом постійного статистичного аналізу одиничних та комплексних показників надійності введенням резервування та організації системи контролю технічного стану і технічного обслуговування.

*Навчальне видання*

## **АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ**

**Методичні вказівки до виконання курсової роботи на тему:  
"Дослідження параметрів каналу передачі інформації відомчої  
цифрової телекомунікаційної мережі експлуатаційних показників  
обладнання автоматизованої системи оперативно-диспетчерського  
управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України"**

Для здобувачів вищої освіти, які навчаються на другому (магістерському) рівні в галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 "Пожежна безпека" (освітньо-професійна програма "Управління пожежною безпекою")

Підписано до друку 23.03.2021. Формат 60x84 1/16.  
Умовн.-друк. арк. 2,7.  
Вид. № 09/21.

Сектор редакційно-видавничої діяльності  
Національного університету цивільного захисту України  
61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

[www.nuczu.edu.ua](http://www.nuczu.edu.ua)